

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA,
METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA**

UNIDAD DE POSGRADO

**Modelo presión, estado, respuesta (P-E-R), para la
clasificación de indicadores ambientales y gestión de la
calidad del agua**

TESIS

Para optar el Grado de Magíster en Ciencias Ambientales

AUTOR

Elma Alcira Pandia Fajardo

ASESOR

José Vilca Cáceres

Lima – Perú

2015

**VEREDICTO DE LA TESIS POR LOS MIEMBROS DEL JURADO
EXAMINADOR**

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

VOCAL

AGRADECIMIENTOS

Al MSc José Vilca Cáceres asesor, por su valiosa contribución en la revisión de la tesis.

A los profesores de la UPG Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por sus enseñanzas durante mi formación académica.

A los Profesores miembros del jurado informante, al Dr. Carlos Cabrera Carranza y al Dr. Francisco Alcántara Boza.

Al Profesor Dr. Ing. Jesús Ángel Chávez Machado, por sus enseñanzas y oportuna disposición en la elaboración de la tesis.

Al Ing. Gerardo Requena Simbala, por su aporte en la elaboración de Planos temáticos y análisis estadístico.

Al Dr. José Benjamín Aquize Carpio, por su apoyo en las consultas y contribución en la asesoría académica.

Al Ing. Hugo Campuzano Espinoza, Gerente General de la empresa HC& Asociados, por permitirme contar con la información necesaria para elaborar el Marco Teórico de la tesis.

A mi familia por su comprensión, tolerancia, constante apoyo y motivación.

La autora

DEDICATORIA

*A mis queridos Padres:
Don Tomás Pandía Puma
Doña Alcira Fajardo Sánchez*

*A mi pequeño hijo Thiago Requena Pandía
y a mi esposo Gerardo Requena Simbala.*

La autora

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Situación Problemática	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Justificación de la Investigación	3
1.4. Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivo Específicos	4
1.5. Hipótesis y Variables	5
1.5.1. Hipótesis general	5
1.5.2. Hipótesis específicas	5
1.5.3. Identificación de variables	5
1.5.4. Operacionalización de las variables	6
CAPITULO 2.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Marco Filosófico o Epistemológico de la investigación	7
2.2. Antecedentes de la investigación	7
2.3. Bases Teóricas.....	13
CAPÍTULO 3.....	61
METODOLOGÍA	61
3.1 Tipo y Diseño de investigación	61
3.2 Unidad de análisis	61
3.3 Población de estudio	61
3.4 Tamaño de muestra.....	62
3.5 Selección de muestra.....	62
3.6 Recolección de Información	63
3.7 Análisis e interpretación de la información	63
CAPITULO 4.....	68
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	68
4.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados	68

4.2	Pruebas de hipótesis.....	71
4.2.1.	Análisis Estadístico para la Cuenca Tumbes.....	73
4.2.2.	Análisis Estadístico Cuenca Zarumilla – Lado Peruano	94
4.3	Presentación de resultados.....	114
CONCLUSIONES		134
RECOMENDACIONES		136
ANEXOS		140

LISTA DE CUADROS

<i>Cuadro 1</i>	Red de Estaciones de monitoreo de agua sup.de la cuenca Tumbes	35
<i>Cuadro 2</i>	Red de Est.de monitoreo de agua superficial de la cuenca Zarumilla.....	35
<i>Cuadro 3</i>	Red de pto de monitoreo de agua superficial Cuenca Tumbes	39
<i>Cuadro 4</i>	Red de pto de monitoreo de agua superficial Cuenca Zarumilla.....	40
<i>Cuadro 5</i>	Resultados de la evaluación de la calidad del agua del río Tumbes	41
<i>Cuadro 6</i>	Resultados de la evaluación de la calidad del agua del río Zarumilla	42
<i>Cuadro 7</i>	Red de pto de monitoreo de agua sup. de la Cuenca del río Tumbes	43
<i>Cuadro 8</i>	Red de pto de monitoreo de agua superficial de la Cuenca río Zarumilla ...	44
<i>Cuadro 9</i>	Indicadores de PER agrupados por Func.Cuenca Tumbes 2010- 2015.....	114
<i>Cuadro 10</i>	Indicadores de PER agrupados por Funciones Cuenca Zarumilla	116
<i>Cuadro 11</i>	Valores Normalizados Función Fuente de recursos - Río Tumbes.....	117
<i>Cuadro 12</i>	Índices de PER función Fuente de Recurso - Río Tumbes	119
<i>Cuadro 13</i>	Resultado de los índices función Fuente de Recursos - Río Tumbes	119
<i>Cuadro 14</i>	Valores Normalizados Función Sumidero en el - Río Tumbes	121
<i>Cuadro 15</i>	Índices de PER de acuerdo a la función Sumidero - Río Tumbes	121
<i>Cuadro 16</i>	Resultado de los índices de la función Sumidero - Río Tumbes	122
<i>Cuadro 17</i>	Valores Normalizados Función Soporte de Servicios - Río Tumbes.....	122
<i>Cuadro 18</i>	Índices de PER función Soporte de Servicios - Río Tumbes	123
<i>Cuadro 19</i>	Resultado índices de la función Soporte de Servicios - Río Tumbes.....	124
<i>Cuadro 20</i>	Índice de Calidad Ambiental (EQI) - Río Tumbes	124
<i>Cuadro 21</i>	Valores Normalizados función Fuente de Recursos - Río Zarumilla	126
<i>Cuadro 22</i>	Índices de PER función Fuente de Recursos - Río Zarumilla	126
<i>Cuadro 23</i>	Resultado de los índices función Fuente de Recursos - Río Tumbes	127
<i>Cuadro 24</i>	Valores Normalizados función Sumidero - Río Zarumilla.....	127
<i>Cuadro 25</i>	Índices de PER acuerdo a la función Sumidero - Río Zarumilla	128
<i>Cuadro 26</i>	Resultado de los índices de la función Sumidero - Río Zarumilla.....	129
<i>Cuadro 27</i>	Valores Normalizados función Soporte de Servicios - Río Zarumilla	129
<i>Cuadro 28</i>	Índices de PER función Soporte de Servicios - Río Zarumilla	130
<i>Cuadro 29</i>	Resultado de los índices función Soporte de Servicios - Río Zarumilla...	131
<i>Cuadro 30</i>	Índice de Calidad Ambiental (EQI) - Río Zarumilla.....	131

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Esquema del modelo Presión-Estado-Respuesta. Rodríguez (2005).....	14
<i>Figura 2</i> Usos y tipos de indicadores ambientales Modelo PER Rodríguez, M. (2005).	15
<i>Figura 3</i> Río Puyango-Tumbes mostrando área de explotación minera. Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes PEBPT (2011).	20
<i>Figura 4</i> Evolución del Nitrato en la cuenca del río Tumbes.....	51
<i>Figura 5</i> Evolución del Fosfato en la cuenca del río Tumbes.	51
<i>Figura 6</i> Evolución de la conductividad eléctrica en la cuenca del río Tumbes.	52
<i>Figura 7</i> Evolución del DBO en la cuenca del río Tumbes.	53
<i>Figura 8</i> Evolución de Coliformes termotolerantes en la cuenca del río Tumbes	53
<i>Figura 9</i> Evolución del DQO de la cuenca del río Tumbes	54
<i>Figura 10</i> Evolución del Mercurio total en la cuenca del río Tumbes	54
<i>Figura 11</i> Evolución del Plomo total en la cuenca del río Tumbes.....	55
<i>Figura 12</i> Evolución del Arsénico total en la cuenca del río Tumbes	55
<i>Figura 13</i> Evolución del Nitrato en la cuenca del río Zarumilla.....	56
<i>Figura 14</i> Evolución del Fosfato en la cuenca del río Zarumilla	56
<i>Figura 15</i> Evolución de la Conductividad Eléctrica en la cuenca del río Zarumilla	57
<i>Figura 16</i> Evolución de la DBO en la cuenca del río Zarumilla	58
<i>Figura 17</i> Evolución de Coliformes termotolerantes en la cuenca del río Zarumilla	58
<i>Figura 18</i> Evolución de la DQO en la cuenca del río Zarumilla	59
<i>Figura 19</i> Evolución del Mercurio total en la cuenca del río Zarumilla	59
<i>Figura 20</i> Evolución del Plomo total en la cuenca del río Zarumilla.....	60
<i>Figura 21</i> Evolución del Arsénico total en la cuenca del río Zarumilla	60
<i>Figura 22</i> Dispersión de Conductividad vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes ..	74
<i>Figura 23</i> Línea ajustada Conductividad vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes	75
<i>Figura 24</i> Línea ajustada Conductividad vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Tumbes.....	75
<i>Figura 25</i> Línea ajustada Conductividad vs. Caudal de descarga según modelo Cúbico, cuenca Tumbes	76
<i>Figura 26</i> Dispersión de Nitratos vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes	77
<i>Figura 27</i> Línea ajustada Nitratos vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes.....	78
<i>Figura 28</i> Dispersión de Fosfatos vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes.....	79
<i>Figura 29</i> Línea ajustada Fosfatos vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes	80
<i>Figura 30</i> Dispersión de DBO vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes	81
<i>Figura 31</i> Línea ajustada DBO vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes.....	82
<i>Figura 32</i> Línea ajustada DBO vs. Caudal de descarga según modelo cuadrático, cuenca Tumbes	82
<i>Figura 33</i> Línea ajustada DBO vs. Caudal de descarga según modelo Cúbico, cuenca Tumbes.....	82
<i>Figura 34</i> Dispersión de DQO vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes.....	83
<i>Figura 35</i> Línea ajustada DQO vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes.....	84

<i>Figura 36</i> Línea ajustada DQO vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Tumbes	85
<i>Figura 37</i> Línea ajustada DQO vs. Caudal de descarga según el modelo Cúbico, cuenca Tumbes, cuenca Tumbes	85
<i>Figura 38</i> Dispersión de Mercurio total vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes	86
<i>Figura 39</i> Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes	87
<i>Figura 40</i> Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Tumbes	87
<i>Figura 41</i> Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Cúbico, cuenca Tumbes	88
<i>Figura 42</i> Dispersión de Plomo vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes.....	89
<i>Figura 43</i> Línea ajustada Plomo total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal ...	90
<i>Figura 44</i> Dispersión de Arsénico total vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes	91
<i>Figura 45</i> Línea ajustada Arsénico total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes	92
<i>Figura 46</i> Dispersión de Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes.....	93
<i>Figura 47</i> Línea ajustada Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes	94
<i>Figura 48</i> Dispersión de conductividad eléctrica vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla	95
<i>Figura 49</i> Línea ajustada conductividad eléctrica vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla	96
<i>Figura 50</i> Dispersión de DBO vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla	97
<i>Figura 51</i> Línea ajustada DBO vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla	98
<i>Figura 52</i> Dispersión de Nitratos vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla	99
<i>Figura 53</i> Línea ajustada Nitratos vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla	100
<i>Figura 54</i> Línea ajustada Nitratos vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Zarumilla	100
<i>Figura 55</i> Dispersión de Fosfatos vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla.....	101
<i>Figura 56</i> Línea ajustada Fosfatos vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla	102
<i>Figura 57</i> Dispersión de DQO vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla.....	103
<i>Figura 58</i> Línea ajustada DQO vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla	104
<i>Figura 59</i> Dispersión de Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla.....	105
<i>Figura 60</i> Línea ajustada Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla	106
<i>Figura 61</i> Línea ajustada Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático	106
<i>Figura 62</i> Dispersión de Arsénico total vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla ...	107
<i>Figura 63</i> Línea ajustada Arsénico total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla	108
<i>Figura 64</i> Línea ajustada Arsénico total vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Zarumilla	108

<i>Figura 65</i>	Dispersión de Mercurio total vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla	109
<i>Figura 66</i>	Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla	110
<i>Figura 67</i>	Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Zarumilla	111
<i>Figura 68</i>	Dispersión de Plomo total vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla	112
<i>Figura 69</i>	Línea ajustada Plomo total vs. Caudal de descarga según modelo lineal, cuenca Zarumilla	113
<i>Figura 70</i>	Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Zarumilla	113
<i>Figura 71</i>	Función Fuente de Recursos - Río Tumbes.....	120
<i>Figura 73</i>	Función Sumidero de residuos - Río Tumbes	122
<i>Figura 75</i>	Función Soporte / Servicio - Río Tumbes	124
<i>Figura 77</i>	Indicadores de Presión, Estado, Respuesta de acuerdo a la función – Río Tumbes.....	125
<i>Figura 72</i>	Función Fuente de Recursos - Río Zarumilla	127
<i>Figura 74</i>	Función Sumidero de residuos - Río Zarumilla	129
<i>Figura 76</i>	Función Soporte / Servicio - Río Zarumilla	131
<i>Figura 78</i>	Indicadores de Presión, Estado, Respuesta de acuerdo a la función – Río Zarumilla	132
<i>Figura 79</i>	Índices de calidad ambiental para el Río Tumbes y Río Zarumilla	133

RESUMEN

La Cuenca del río Puyango-Tumbes deriva de las fuentes contaminantes ubicadas básicamente en la parte alta y media de la misma, las cuales incorporan una cantidad considerable de metales pesados al agua y en mayor medida a los sedimentos. Las principales actividades que generan contaminantes y los incorporan al río Puyango-Tumbes son la actividad minera en las localidades de Portovelo y Zaruma en la provincia de El Oro Ecuador, así como la generación y vertido de residuos sólidos y aguas residuales de las poblaciones asentadas en el río. Esta situación ya ha generado algunos problemas en la parte baja de la cuenca sector peruano, contaminando los suelos arroceros de la margen izquierda del río Tumbes y los manglares de Tumbes; perjudicando fuentes de alimentación directa de la población y poniendo en riesgo la salud humana.

En el marco de lo mencionado, el presente proyecto tiene por finalidad clasificar los indicadores ambientales y contribuir a la gestión de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Puyango-Tumbes, por medio del modelo Presión-Estado-Respuesta (P-E-R). El estudio fue realizado en el lado peruano, se evaluaron los programas de gestión de las aguas superficiales de la cuenca Puyango-Tumbes que influyen en la clasificación de los indicadores ambientales en la cuenca del río Puyango-Tumbes; además de los puntos de descargas de aguas servidas, identificando posibles causales de la contaminación.

Los resultados muestran que la cuenca del río Tumbes tiene un índice de Calidad Ambiental (EQI) de 22.97 y la cuenca del río Zarumilla tiene un EQI de 61.51.

Palabras Claves: *Cuenca Puyango-Tumbes, Calidad ambiental del agua, Modelo Presión-Estado-Respuesta, Índice de calidad ambiental.*

ABSTRACT

The Puyango-Tumbes River Basin comes from polluting sources located mainly in the upper and middle of it, which incorporate a considerable amount of heavy water and more to the sediment metals. The main activities that generate pollutants and incorporate the river Puyango - Tumbes are mining in the towns of Portovelo and Zaruma in the province of El Oro Ecuador, as well as the generation and disposal of solid waste and sewage of the populations in the river. This situation has already led to some problems in the lower basin of the Peruvian industry, polluting rice soils of the left bank of the Tumbes River and mangroves of Tumbes; damaging sources of direct feeding of the population and endangering human health.

Under the mentioned this project aims Sort environmental indicators and contribute to the quality management of surface water in the basin of Puyango-Tumbes River through the Pressure - State- Response model (P-E-R), study was performed on the Peruvian side , management programs of surface waters of the basin Puyango-Tumbes influence the classification of environmental indicators in the Puyango-Tumbes river and points sewage discharges were evaluated , identifying possible causes of contamination.

The results show that the Tumbes River Basin has an Environmental Quality Index (EQI) of 22.97 and Zarumilla river basin has a EQI of 61.51.

Keywords: *Puyango-Tumbes Basin, Environmental Water Quality Model Pressure- State - Response , environmental quality*

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

El problema principal de la cuenca del río Puyango-Tumbes, deriva de las fuentes contaminantes ubicadas básicamente en la parte alta y media de la misma, las cuales incorporan una cantidad considerable de metales pesados al agua y en mayor medida a los sedimentos. Las principales actividades que generan contaminantes y los incorporan al río Puyango - Tumbes son la actividad minera en las localidades de Portovelo y Zaruma en la Provincia de El Oro Ecuador; así como la generación y vertido de residuos sólidos y aguas residuales de las poblaciones asentadas alrededor del río.

Esta situación ya ha generado algunos problemas en la parte baja de la cuenca, contaminando los suelos arroceros de la margen izquierda del río Tumbes (Bermejo y Cruz, 2007) y los manglares de Tumbes (Feijoo, 2014); perjudicando fuentes de alimentación directa de la población y poniendo en riesgo la salud humana.

Siendo el principal problema para la población asentada en el valle del río Tumbes, las enfermedades de origen hídrico como:

- Enfermedades transmitidas por el agua: Cólera, fiebre tifoidea, Shigella, poliomielitis, meningitis, hepatitis, diarrea. En general la mayoría se puede prevenir con un tratamiento adecuado del agua, antes de consumirla. Las enfermedades con base u originadas en el agua, son causadas por organismos acuáticos que pasan una parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales, como por ejemplo la esquistosomiasis.

- Enfermedades de origen vectorial: relacionadas con el agua, aquellas enfermedades transmitidas por vectores como los mosquitos, que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas. Millones de personas padecen infecciones transmitidas por estos vectores que infectan al hombre con malaria, fiebre amarilla, dengue, filariasis, etc. Estas enfermedades están teniendo un gran avance a través del mundo, pero pueden controlarse fácilmente con una mejor higiene, para lo cual es imprescindible disponer de suministros adecuados de agua potable. (Ministerio de Salud, Dirección Regional de Salud de Tumbes).

Otros de los problemas es la contaminación de los campos de cultivo, que son regados con el agua del río contaminado y a la vez se contaminan los cultivos. Incluso en el Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes se ha realizado investigaciones de la concha negra, la cual se encuentra ya con un grado de contaminación de plomo y Mercurio.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

- ¿El modelo Presión-Estado-Respuesta (P-E-R) permitirá clasificar indicadores ambientales, y contribuir a la Gestión de la calidad de las aguas en la cuenca del río Puyango-Tumbes?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida, la evaluación de los programas de gestión de las aguas superficiales de la cuenca Puyango-Tumbes, influye en la

clasificación de los indicadores ambientales en la cuenca del río Puyango-Tumbes?

- ¿Cómo la evaluación de los Reportes sobre la calidad de las aguas emitidas por las autoridades ambientales, influyen significativamente en la clasificación los indicadores ambientales y la Gestión de la calidad de las aguas en la cuenca del río Puyango-Tumbes?

1.3. Justificación de la Investigación

Los análisis de las muestras de agua, tomadas por parte de la Autoridad Nacional del Agua en la cuenca del río Tumbes durante los años 2011 al 2014, dieron como resultado concentraciones de antimonio, hierro, plomo, aluminio y arsénico mayores a los valores de los estándares de calidad ambiental para el agua para la categoría 1-A2 “Poblacional y recreacional – Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional”.

La calidad del agua en la parte alta de la cuenca Tumbes está afectada desde el Hito Cóndor (Parte alta), hasta la bocatomas de captación de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Aguas de Tumbes S.A. (EPS ATUSA) por aluminio, arsénico, antimonio, plomo, manganeso y hierro; debido a la geoquímica de la parte alta de la cuenca del lado ecuatoriano y la posible influencia de las concentraciones naturales de las actividades mineras realizadas.

La contaminación del río Tumbes proviene del Ecuador, ya que existen lavaderos y plantas de tratamiento de mineral oro y plata, que están localizadas en las riberas del río Tumbes (río Puyango en Ecuador). En el procesamiento de dicho mineral se emplean reactivos lixiviantes de alto poder tóxico, que no son eliminados ni reciclados, luego los relaves contaminan las aguas del río.

El desarrollo del proyecto, permitirá mediante el modelo P-E-R mejorar la Gestión ambiental de la calidad de las aguas, de las instituciones que conforman la Comisión Técnica Multisectorial y Binacional a nivel regional tales como: Dirección Regional de Salud de Tumbes, Dirección Regional de Energía y Minas de Tumbes, Gobierno Regional, etc, dando a conocer el estado situacional de la cuenca Puyango-Tumbes, para el mejoramiento de la calidad sanitaria y ambiental además de realizar acciones de fiscalización y control sobre las actividades mineras formales e informales de la cuenca alta del río Puyango-Tumbes, con intervención de los gobiernos locales en el tema del manejo de los residuos sólidos domésticos, los cuales vienen impactando el recurso hídrico.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo General

- ✓ Clasificar los indicadores ambientales y contribuir a la gestión de la calidad de las aguas superficiales de la cuenca del río Puyango-Tumbes, por medio del modelo Presión-Estado-Respuesta (P-E-R).

1.4.2. Objetivo Específicos

- ✓ Evaluar si los Programas de Gestión de las aguas superficiales de la cuenca Puyango-Tumbes, influyen en la clasificación de los indicadores ambientales en la cuenca del río Puyango-Tumbes.
- ✓ Determinar la influencia de la evaluación de los Reportes sobre la calidad de las aguas emitidas por las autoridades ambientales, en la

clasificación de los indicadores ambientales y la Gestión de la calidad de las aguas en la cuenca del río Puyango-Tumbes.

1.5. Hipótesis y Variables

1.5.1. Hipótesis general

El modelo Presión-Estado-Respuesta (PER) permitirá identificar los indicadores ambientales y mejorar la gestión de la calidad de las aguas superficiales en la cuenca del río Puyango-Tumbes.

1.5.2. Hipótesis específicas

HE₁: La evaluación de los Programas de Gestión de las aguas superficiales de la cuenca Puyango-Tumbes, influye en la clasificación de los indicadores ambientales en la cuenca del río Puyango Tumbes.

HE₂: La evaluación de los Reportes sobre la calidad de las aguas emitidas por las autoridades ambientales, influyen significativamente en la clasificación de los indicadores ambientales y la Gestión de la calidad de las aguas en la cuenca del río Puyango-Tumbes.

1.5.3. Identificación de variables

Las variables que se analizarán serán:

- Variable Independiente (V₁):
Aplicación del modelo Presión- Estado- Respuesta (P-E-R).
- Variable dependiente (V₂):

Clasificación de indicadores ambientales y gestión de la calidad del agua en la Cuenca Puyango-Tumbes.

1.5.4. Operacionalización de las variables

VARIABLES	INDICADORES
V1 Aplicación del modelo Presión, Estado, Respuesta (P-E-R).	1. Indicadores de presión 2. Indicadores de estado 3. Indicadores de respuesta
V2 Clasificación de indicadores ambientales y gestión de la calidad del agua en la Cuenca Puyango- Tumbes.	1. Resultados de calidad de las aguas superficiales emitidas por las autoridades ambientales. 2. Caudal de descargas de aguas residuales al río Tumbes. 3. Caudal de descargas de aguas residuales al río Zarumilla. 4. Tipo de uso de las aguas superficiales 5. Cumplimiento de los Estándares Nacionales de calidad ambiental para aguas superficiales. 6. Programas de gestión de las aguas superficiales de la cuenca Puyango-Tumbes.

CAPITULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Filosófico o Epistemológico de la investigación

El empirismo es un movimiento filosófico cuyas ramificaciones son múltiples. El único rasgo común a todas ellas es no admitir más que un medio de conocimiento: la experiencia.

Para esta doctrina, el origen de nuestros conocimientos no está en la razón, sino en la experiencia, ya que todo el contenido del pensamiento, primero ha tenido que pasar por los sentidos. (Salazar, Jesús 2008)

El método experimental y la ciencia empírica, el interés por hallar un método adecuado para dirigir el pensamiento debía ser experimental e inductivo. La ciencia no puede basarse en hipótesis o presupuestos no contrastados con la experiencia. La validez de las teorías científicas depende de su verificación empírica, salvo en las matemáticas, que no versan sobre hechos, sino sobre nuestras propias ideas y sus leyes de asociación.

2.2. Antecedentes de la investigación

La contaminación ambiental es un fenómeno que afecta sobre todo a las áreas urbanas de nuestro país, y cuyas consecuencias a la salud de la población cada vez son más evidentes, teniendo repercusiones inmediatas y de afectación a largo plazo.

Un tema que las tendencias actuales como la globalización y la masificación, han puesto dentro de las prioridades humanas es precisamente la “cuestión ambiental”, aspecto que ha venido generando

posiciones antagónicas en unos temas y unanimidad en tratamientos en otros.

Uno de esos temas es precisamente la preservación de los recursos naturales, y que en nuestro país, en unas regiones más que en otras, estos se vienen afectando seriamente, identificándose por ejemplo el grado preocupante de contaminación del agua.

La cuenca hidrográfica del río Puyango-Tumbes, está integrada por territorios limítrofes del departamento de Tumbes, en el norte del Perú, y las provincias de Loja, El Oro, del sureste de Ecuador.

A fin de mostrar las principales actividades de monitoreo o evaluación de la calidad de las aguas ejecutadas en el pasado, para la cuenca del río Puyango-Tumbes se presenta la siguiente relación:

1. El Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), 1999 ejecuta un estudio preliminar de la calidad del agua del río Tumbes, concluyendo que la presencia de mercurio y coliformes fecales superan los límites estipulados en la Ley General de Aguas.
2. La Organismo Internacional de Energía Atómica; OEIA en el año 2002 realizó el estudio sobre la "Caracterización del Acuífero de la Cuenca Binacional rio Zarumilla y Monitoreo de la Calidad del Agua en la Cuenca Binacional Puyango-Tumbes", determinando la presencia de mercurio, arsénico, cadmio, plomo y cianuro, en algunos casos superando los LMPs. La presencia de metales se encontró en los sedimentos del río más no en las corrientes de agua.

3. Carril y Pacheco (2002) desarrollan la investigación titulada "Contaminación del Río Tumbes por Residuos Químicos y Microbiológicos", concluyendo que la mayor parte del curso del río Tumbes está siendo contaminado con relaves mineros de la parte alta de la cuenca del río Puyango-Tumbes., y con residuos urbanos. Áreas críticas eran las zonas de Zapallal con altos niveles de hierro (119.5 mg/l), manganeso (1.7 mg/l), y plomo (0.146 mg/l), todas ellas concentraciones encima de los LMPs.

4. Huamani y Merino (2006), en su trabajo "Evaluación de Resultados de Metales Pesados en el Monitoreo de los Ríos Puyango-Tumbes y Zarumilla" citan el estudio desarrollado por la DESA Tumbes, Perú, y PREDESUR de Ecuador, con la supervisión de DIGESA. En el mismo se monitorearon 06 estaciones ubicadas en los ríos Amarillo, Calera, Pindo y Puyango del Ecuador; y en el Perú 05 estaciones, ubicadas en el río Tumbes, en las cuales se analizaron los parámetros pH, Temperatura (T), Conductividad, Alcalinidad Total, Cloruros, Sulfatos (SO_4), Fosfatos (PO_4), Nitratos ($\text{NO}_3 - \text{N}$), Nitritos ($\text{NO}_2 - \text{N}$), OD, Calcio (Ca), Aceites y Grasas (A y G), Cianuro WAD (CN WAD), Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg), Plomo (Pb) y Zinc (Zn). Respecto a las estaciones ubicadas en el río Tumbes (Perú), las concentraciones de A y G, As, Cd, Cr, Hg, Pb y Zn son menores a los valores límites establecidos en la Ley General de Aguas para las Clases II y III. Mientras que las concentraciones de OD son mayores al valor límite establecido en la Ley General de Aguas – Clases II y III, es decir, no cumplen con la Ley en mención.

5. El Proyecto de Desarrollo Minero y Control Ambiental; (PRODEMINCA) en el año 1999 desarrolló el proyecto denominado "Plan Ambiental para la Pequeña Minería de Oro en el Ecuador" es un Plan de Manejo Ambiental que incluye aspectos como el manejo del alcantarillado y residuos sólidos. Presenta cálculos y estimativos de cargas de mineral y desechos mineros en las Áreas de explotación minera de los ríos Calera y Amarillo. Concluye indicando que las actividades mineras estaban causando una serie de problemas medioambientales que incluyen deforestación, aumento de la erosión y efectos desestabilizadores en el suelo (deslizamientos). Denuncia además que aguas abajo del río Calera no existen peces ni especie alguna de invertebrados acuáticos y que la estación de la vida en algunas extensiones de los ríos ha sido causada por descargas de cianuro y que la drástica disminución de la fauna ictiológica es causada por la contaminación por metales.

6. La Fundación Salud Ambiente y Desarrollo (FUNSAD) en el año 2001, estudió los impactos sobre el medio ambiente y la salud humana como resultado de la actividad minera en la cuenca del río Puyango. El objetivo principal fue evaluar las consecuencias de la existencia de metales pesados mercurio, plomo, manganeso y cianuro en el agua del río, en tres ecosistemas diferentes: Portovelo-Zaruma, Marcavelica y Puyango Viejo; Las Vegas-Gramadal y Chaguarhuaycu. Se encontró que los sólidos en suspensión tenían niveles altos de mercurio y plomo, que este último era el principal contaminante de la cuenca; que las personas acusaban altos niveles de plomo en la sangre, en tanto que los de mercurio eran bajos, existiendo relaciones

significativas entre el consumo de peces, concentraciones de plomo en la sangre y bajo desempeño en pruebas neuroconductuales.

7. El Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT) en el año 2003 realizó la "Caracterización del Acuífero del Valle de Zarumilla", apoyado por la OEIA analizaron el agua en 16 puntos a lo largo del río estableciendo por primera vez una Red de Monitoreo de Aguas Superficiales (9 en Ecuador y 7 en Perú). Concluyó que en la cuenca existe en forma natural As, Cd, Cu, Zn y Pb que son liberados por las actividades mineras, además de cianuros utilizados en la minería, siendo arsénico, plomo y cianuros los que excedieron los límites permitidos para uso doméstico, no así el cadmio que sólo se presentó en casos aislados. Además indicó que durante las crecidas se produce un lavado y transporte de los sedimentos contaminados.
8. Bermejo y Cruz en el año 2007 determinaron los niveles de metales pesados en suelos cultivados con arroz en la margen izquierda del río Tumbes encontraron que los de arsénico, cadmio, cromo, cobre, hierro, mercurio, níquel y plomo superan los valores de fondo de la zona,. Así mismo que ninguna de las muestras de agua superó los LMPs de la Ley General de Aguas de entonces. Finalmente refiere que en granos de arroz en cáscara se encontraron valores peligrosos para la salud humana al analizar plomo (1.02 mg/k en promedio) y cadmio (0.18 mg/k en promedio), estableciendo que las fuentes identificables del origen de estos contaminantes son al agua del río Tumbes y el uso de agroquímicos.

9. Feijó (2014) realizó su tesis en la Zona de Amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes viene siendo impactado por el sector agrícola. El componente ambiental que viene siendo impactado por las actividades agrícolas es la flora y el suelo, y en el análisis temporal se percibe una ampliación de la actividad agrícola en el tiempo de 147.87 ha de uso del suelo sobre la zona de amortiguamiento del Santuario Nacional Los Manglares de Tumbes (SNLMT) para el periodo de 1985 al 2014.
10. Otiniano (2008), evaluó el comportamiento del recurso hídrico en el río Puyango-Tumbes en el período 1963 a 2005 y demuestra la presencia de As, Cd, Cu, Zn, y Pb. Las actividades mineras liberan sedimentos de esta meta así como cianuros y mercurio utilizados en los procesos de recuperación del oro. Además las descargas de residuos orgánicos del uso doméstico del agua y la incorrecta disposición de los residuos sólidos contribuyen a la contaminación microbiológica con resultados dañinos a la salud. Muestra que la concentración de los metales pesados en el agua de la parte baja de la cuenca es mayor en avenida que en la época seca, mostrándose igual tendencia en los sólidos en suspensión.
11. Bermejo y Cruz (2008) realizaron una investigación en la margen izquierda del río Tumbes-Perú, entre agosto y diciembre encontraron contaminación físico-química detectada a través de determinaciones de oxígeno disuelto, DBO y análisis microbiológicos, en el agua de los drenes agrícolas que afectan la calidad del agua de los ecosistemas adyacentes en los

estuarios y manglares del delta del río. La situación encontrada era producto de la actividad agrícola, vertimientos de aguas residuales domésticas y de industrias procesadoras de productos hidrobiológicos de la zona de estudio.

2.3. Bases Teóricas

La aplicación de la metodología P-E-R, surge de la creciente demanda de información ambiental, útil en espacio y tiempo para prever situación ambiental y por tanto capaz de servir a un proceso político preventivo justifica que, a pesar de tener que seguir agudizando esfuerzos en la obtención de información de base sea preciso avanzar con carácter prioritario en el desarrollo de indicadores. (Van Beuzekon, 2001).

En los años siguientes la OCDE logró acuerdos y generó un conjunto de indicadores a la vez que busca perfeccionar los mismos, aumentar la satisfacción de los distintos usuarios y mejorar la comparabilidad internacional. (Herrera, 2004; Van Beuzekon, 2001; Carullo, 2004).

Si los indicadores ambientales constituyen un valor relativo a un fenómeno capaz de ofrecer más información que se desprende de la mera configuración del parámetro, un sistema de indicadores ambientales debe ofrecer un significado amplio que el asociados a cada uno de los indicadores (Manteiga, 2000). Es decir, los indicadores deben entenderse como las células del sistema, donde es preciso establecer con claridad las conexiones necesarias para dar funcionalidad al conjunto.

Existen diversos esquemas de organización capaces de cumplir con esta tarea. El de mayor proyección es el modelo Presión – Estado – Respuesta, establecido por la OCDE (Aguirre Royuela, 2002).

Este modelo esquematizado en la figura 1, fue propuesto en 1988, a solicitud del por entonces grupo de siete países más desarrollados del mundo, con la finalidad de identificar indicadores ambientales para apoyar la toma de decisiones. Dicho modelo obedece a una lógica según la cual las

actividades humanas ejercen presiones sobre el entorno y los recursos naturales, alterando en mayor o menor medida su estado inicial. La sociedad en su conjunto identifica estas variaciones y puede decidir la adopción de políticas ambientales y económicas generales y sectoriales que tratarían de corregir las tendencias negativas detectadas (respuestas). Como consecuencia de estas actuaciones, se supone, o se espera, una mejoría del estado del ambiente

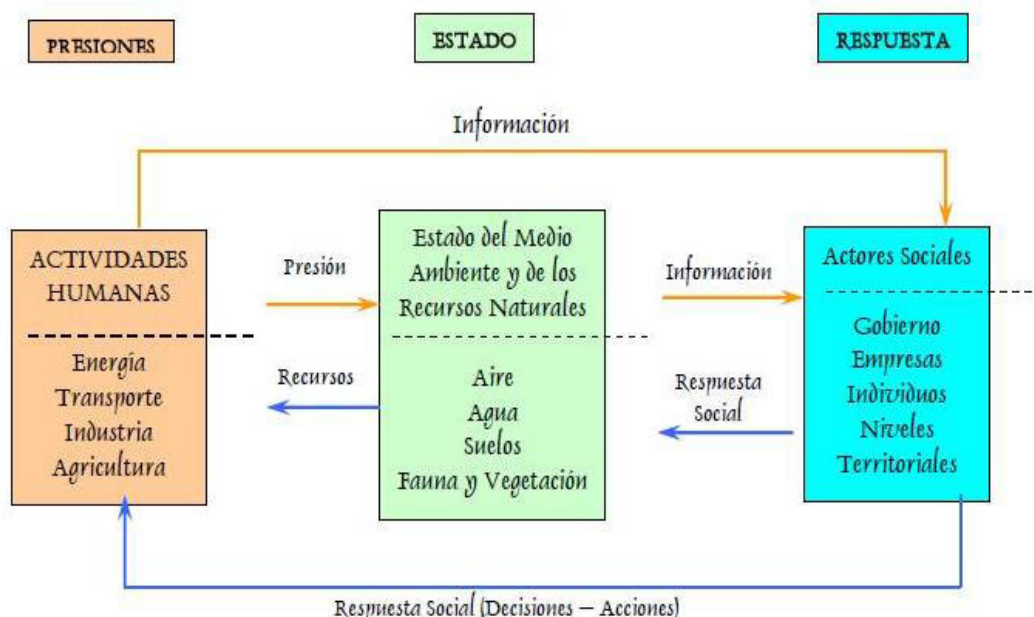


Figura 1 Esquema del modelo Presión-Estado-Respuesta. Rodríguez (2005).

Los usos de por cada tipo de indicadores se muestra en la figura 2, como se puede apreciar, la definición e implementación del sistema de indicadores depende del tipo de información de entrada, a su vez esto permite clasificar el indicador según el enfoque PER, y su uso para el proceso de toma de decisiones acerca del medioambiente y recursos naturales de una localidad.



Figura 2 Usos y tipos de indicadores ambientales Modelo PER
Rodríguez, M. (2005).

El marco de referencia PER es ahora ampliamente usado pero está continuamente en evolución. Uno de los mayores problemas ha sido tratar de diferenciar entre indicadores de presión y estado, y la necesidad de expandir el marco de referencia para tratar más específicamente las necesidades de descripción del Desarrollo Sostenible.

El esquema P-E-R se fundamenta en tres categorías básicas de interrogantes, que en relación con el tema ambiental son:

1. ¿Cuál es el estado actual de los recursos naturales y del medio ambiente?
2. ¿Qué y quién está afectando los recursos naturales y el medio ambiente?
3. ¿Qué está haciendo la sociedad para mitigar o resolver los problemas ambientales y para fortalecer sus potencialidades?

Presión

Están a menudo clasificadas como factores o fuerzas subyacentes tales como: crecimiento poblacional, consumo o pobreza. Las presiones sobre el medio ambiente son consideradas frecuentemente desde una perspectiva política, como punto de partida para abordar los asuntos medioambientales y desde el punto de vista de indicador, están disponibles para realizar análisis, toda vez que son derivadas sobre la base de datos de seguimiento socio económicos, medioambientales y otros. Refleja el objetivo último de las políticas ambientales e incluyen aspectos tales como:

- Las características físicas, químicas y biológicas del entorno.
- La condición del ecosistema y las funciones ecológicas del medio natural.

Estado

El Estado se refiere a la condición del medio ambiente que resulta de las presiones arriba descritas, y el deterioro que en ellos generan las diferentes actividades humanas, los niveles de contaminación del aire, degradación de la tierra o deforestación. El estado del medio ambiente afectará, a su vez, la salud humana y el bienestar así como el tejido socio-económico de la sociedad. Por ejemplo, un incremento en la degradación de la tierra conducirá a uno o varios de los siguientes factores: disminución en la producción de alimento, incremento de alimento importado, incremento en el uso de fertilizantes, malnutrición, etc.

Es importante entender tanto el estado del medio ambiente, como los efectos indirectos. Los indicadores de estado deberían ser diseñados para responder a las presiones y al mismo tiempo facilitar acciones correctivas.

Rodríguez, M. (2005).

Respuesta

El componente de respuesta del marco de referencia P-E-R, está relacionado con las acciones tomadas por la sociedad, individual o colectivamente, que son diseñadas para facilitar o prevenir impactos medioambientales negativos con el fin de corregir el daño existente o de conservar los recursos naturales. Esas respuestas pueden incluir acciones reguladoras, gastos medioambientales o de investigación, opinión pública y preferencia del consumidor, cambios en las estrategias de manejo y suministro de información medioambiental. Las respuestas deberían estar diseñadas para actuar sobre las presiones, pero pueden al mismo tiempo tener un impacto modificador en los indicadores de estado.

Existen diversos conjuntos de indicadores ambientales, cada uno con propósitos específicos.

Los indicadores suelen usarse en los informes ambientales, la evaluación del desempeño ambiental o del avance hacia el Desarrollo Sostenible, pero deberían ser una herramienta básica en la planeación, contribuyendo a la claridad en los objetivos de las políticas y el establecimiento de prioridades ambientales.

2.3.1. Ventajas y desventajas del enfoque Presión – Estado – Respuesta

Ventajas:

Teniendo en cuenta lo anterior, las principales ventajas del esquema PER son:

- Su estructura ha tenido gran difusión precisamente por basarse en un principio de causalidad determinístico, ya que como vimos es insuficiente para abordar la complejidad propia de los problemas ambientales, no solo porque las interrogantes a las que responde son propias de un proceso de gestión y toma de decisión en materia ambiental; no busca exclusivamente reflejar las fuerzas que modifican dicho estado (dinámica económica o social predominantes en una región o país, entre otras) si el esfuerzo social que se lleva a cabo es para mejorarlo y revertir las presiones que lo deterioran.
- Esto último es particularmente importante en tanto que la estructura PER permite establecer las bases para evaluar, no solo la gestión realizada (la eficiencia de la respuesta) sino su impacto, medido en términos de las variaciones en el estado y la presión gracias a la respuesta de la sociedad.
- Proporciona al público en general y a los tomadores de decisiones una visión integrada del ambiente y otros aspectos interconectados.
- Debido a ello, el esquema P-E-R. es el más utilizado en sistema de seguimiento y evaluación de políticas, planes, programas y proyectos de sostenibilidad.

Desventajas:

- Se limita al segmento ambiental del desarrollo sostenible.
- Es insuficiente para abordar la complejidad propia de los problemas ambientales, no solo porque las interrogantes a las que responde son propias de un proceso de gestión y toma de decisión en materia

ambiental sino también porque no refleja las fuerzas que modifican dicho estado y revertir las presiones que lo deterioran.

- No siempre encontramos una secuencia metodológica al formular indicadores P-E-R, son propuestos de manera independiente sin relación causa-efecto directa sino indirecta, todos se relacionan con el tema que los motiva pero no entre sí.
- No es posible establecer relaciones entre los distintos indicadores, cada indicador es válido por si solo y como tal debe ser abordado debido a su lógica causal y lineal.
- No es un modelo preventivo. Derivado de su lógica la información obtenida solo permitirá establecer el diagnóstico de la situación pero no puede ser utilizada en programas o políticas donde se aplique el principio de prevención. Rodríguez, M. (2005).

2.3.2. Cuenca del río Puyango-Tumbes

La cuenca del río Puyango-Tumbes nace en la República del Ecuador, está formada en su cabecera por numerosas quebradas que discurren principalmente desde la cordillera de Chilla y Cerro Negro.

En su parte alta el río es llamado a menudo Río Pindo o Río Grande, formado por cuatro tributarios principales los ríos Calera, Amarillo, San Luis y Ambocas. En esta área se encuentran ubicados una serie de poblados siendo los principales los mineros de Zaruma y Portovelo; posteriormente toma el nombre de Puyango a partir de su confluencia con el Yaguachi cerca de Balsas. La cuenca alta del río Puyango-Tumbes, está rodeada por terrenos montañosos con altitudes de alrededor de 3,500 msnm.

Continuando hacia el sur-oeste a partir de su confluencia con el río Yaguachi cerca de Balsas, toma el nombre de Puyango. Siguiendo la dirección occidental por unos 100 km, el río Puyango alcanza la quebrada Cazaderos para formar el río Tumbes en territorio peruano, continuando su recorrido hacia el oeste gira hacia el norte y luego de unos 80 km. pasando cerca de la ciudad de Tumbes, desemboca formando un delta en el océano Pacífico (ver Figura 3).



Figura 3 Río Puyango-Tumbes mostrando área de explotación minera. Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes PEBPT (2011).

En general el río Puyango-Tumbes, drena un área aproximada de 4,800 Km², cerca del 60 % de la cuenca colectora se encuentra en Ecuador, y 40 % en Perú, una parte del caudal del río está siendo utilizada para regar algunas zonas en Perú y en Ecuador.

2.3.3. Cuenca del río Tumbes (Lado Peruano)

Políticamente, la parte peruana de la cuenca del río Tumbes forma parte de los distritos de Tumbes, San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital,

San Jacinto, La Cruz y Corrales de la provincia y departamento de Tumbes. La cuenca limita por el Norte con el Océano Pacífico y la cuenca del río Zarumilla, al Sur con la quebrada Bocapán y la cuenca del río Chira, al Este con las cuencas de los ríos Zarumilla y Chira y al oeste con el océano Pacífico y la quebrada Bocapán. La cuenca del río Tumbes tiene una extensión de 1 893,4 km² con alturas hasta los 885 msnm.

Geográficamente, sus puntos extremos de la cuenca se hallan comprendidos entre los 03' 30' y 04' 15' de Latitud Sur y los 80' 07' y 80'40' de Longitud Oeste. En el valle destacan cultivos de plátano y arroz, y en menor escala maíz amarillo duro, mango, soya y frejol.

En territorio peruano su longitud aproximada es de 142.1 km, sus aguas normalmente llegan hasta el mar, y en los meses de agosto y setiembre alcanza sus caudales más bajos, debido a la disminución significativa de sus precipitaciones; y al uso intensivo del recurso hídrico con fines agropecuarios, principalmente.

2.3.4. Cuenca del río Zarumilla

Esta cuenca al igual que la del río Puyango-Tumbes, tiene su origen en las serranías del Ecuador, y en su recorrido de 62.6 km. en territorio peruano, su cauce constituye el límite entre Perú y Ecuador

La parte peruana de la cuenca del río Zarumilla forma parte de los distritos de Zarumilla, Papayal, Matapalo y Aguas Verdes de la provincia de Zarumilla del departamento de Tumbes; limita por el este con el Ecuador, al oeste con la cuenca del río Tumbes, al norte con el océano Pacífico, y al sur con la cuenca del río Tumbes.

La superficie total de la cuenca abarca un área de 731.2 km². El clima en la cuenca peruana del río Zarumilla, varía desde el clima desértico en la zona costera al semiárido de las zonas montañosas en la parte fronteriza,

y está influenciado por la zona de convergencia intertropical (ZCIT) además de la interacción de las corrientes marinas de El Niño y de Humboldt.

Varía notablemente el caudal de sus aguas a lo largo de todo el año, aumentando su descarga en las épocas de grandes precipitaciones pluviales. A partir del mes de Mayo el río se seca en su parte baja.

2.3.5 Calidad del agua

El agua además de constituir un elevado porcentaje de la composición de los seres vivos, es utilizada con diversos fines: uno de los principales a través de su utilización directa como "agua potable" es dar sustento a la vida de los seres humanos; es "agua de riego" cuando se la dedica a la agricultura que es la gran productora de la alimentación y a su vez la mayor consumidora; en las zonas rurales y urbanas y a especies vegetales mayores como en los bosques; según los casos, para abreviar ganado y animales domésticos, en tanto que también da sustento a la "fauna silvestre" de animales la mayoría de ellos mamíferos y peces, y sirve para mantener diversos sistemas ecológicos tanto terrestres como marinos.

Existen así mismo otros usos "benéficos" tales como su utilización en las industrias de diferente índole como metal-mecánica, manufacturera, textil, etc. La minería, la explotación de hidrocarburos, la generación de energía hidroeléctrica es también una fuente de uso importante según la riqueza que la geología o la topografía depara a determinadas zonas del planeta.

Como resultado del uso del agua en cualquiera de las situaciones se produce "agua residual" que justamente por efecto de su uso se ha contaminado y requiere según los casos su recuperación, sobre todo

cuando la misma lleva consigo riesgos a otros usos o se la emplea en casos de escasez.

El concepto básico es que cada uno de los usos mencionados necesita una determinada calidad del agua, la cual según las condiciones en que se presente tendrá o acarreará riesgos en su uso. De aquí surge la necesidad de la evaluación de la calidad del agua, que se hace con base en la utilización de diferentes parámetros y sus límites permisibles que se determinan con el apoyo de investigaciones de la ciencia médica, la biología, veterinaria agronomía, industrial, minera, etc. Para poder llegar a la evaluación y establecer conclusiones de situaciones y tendencias de uso y riesgo es que se utiliza el monitoreo con base en análisis de tipo químico, microbiológico, biológico o ensayos y creación de modelos que permitan ejecutar una adecuada "gestión de la calidad del agua". Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes PEBPT (2011).

2.3.6 Calidad del agua y contaminación

El origen principal de la existencia de agua en una zona dada, es la precipitación que precisamente cae dentro de los límites geográficos de una cuenca; a partir de los cuales se desplaza por acción de la gravedad hacia zonas más bajas tanto superficiales como en el perfil del suelo, hasta llegar a zonas impermeables donde forma un manto de agua subterránea, si las condiciones de la roca madre lo permiten.

Con la lluvia como punto de partida del llamado "ciclo hidrológico" cae el compuesto llamado "agua" compuesto por hidrógeno y oxígeno que no es más tal al entrar en contacto con la atmósfera, la cual tiene diferentes partículas de polvo que dependen en su calidad de la zona donde se produce la precipitación: en zonas rurales libres de industrias, en grandes ciudades con diferentes grados y tipos de industrialización.

La calidad que tenga el agua dentro de una cuenca hidrográfica, es muy particular e intrínseca para el ámbito de la misma ya que depende de muchos factores: la intensidad de la precipitación, topografía, el tipo de suelo y de subsuelo, sobre todo de la roca madre en cuanto a su constitución mineralógica, las condiciones climáticas del lugar y las que permitan un diferente resultado del sistema agua-roca luego del intemperismo, reacciones químicas de oxidación-reducción y transporte por medio del agua. Todos estos fenómenos mencionados sucintamente permiten asegurar que la calidad del agua es particular y difícil de modificarse dentro de la cuenca a menos que participe el ser humano "contaminando" el agua por medio de un mal manejo de la misma. Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes PEBPT (2011)

2.3.7 Usos del agua

a) Poblacional

La provincia de Tumbes presenta un balance deficitario respecto a la oferta de servicios básicos que brinda a su población, especialmente en las zonas rurales. Según los indicadores en abastecimiento de agua para consumo humano de la región Tumbes se tiene la siguiente información:
Centros poblados con abastecimiento de agua de consumo humano: 55%
Población con abastecimiento de agua para consumo humano: 97.91%
Viviendas con abastecimiento de agua: 97.12%. Continuidad del servicio de abastecimiento de agua, en promedio 6 horas diarias. Primer Monitoreo participativo organizado por la Autoridad Nacional del Agua. (Julio del 2011).

b) Agrario

En el sector agrario en la cuenca del río Tumbes está representado predominantemente por cultivos transitorios con 94,3% de la superficie total (10,047 Ha). El uso total del agua es de 137 millones de m³ por año. Primer Monitoreo participativo organizado por la Autoridad Nacional del Agua. (Julio del 2011).

c) Minero

En el ámbito de las cuencas de los ríos Zarumilla y Tumbes (sector peruano) la minería es inexistente, excepto la explotación de canteras; sin embargo en la parte alta del río Puyango- Tumbes, en el sector ecuatoriano, en los cantones Zaruma, Portovelo y Atahualpa en la provincia El Oro, los tributarios del río Puyango impactados son los ríos Calera y Amarillo por lixiviados producidos por la descomposición de residuos sólidos. Asimismo, existen 20 juntas de contaminación minera, producidos por 300 plantas de beneficio. Primer Monitoreo participativo organizado por la Autoridad Nacional del Agua. (Julio del 2011).

d) Industrial

La explotación de peces, bivalvos y crustáceos de la actividad acuícola es considerada una actividad artesanal según el ministerio de la producción y como se aprecia en el cuadro está casi explotada en su totalidad. Primer Monitoreo participativo organizado por la Autoridad Nacional del Agua. (Julio del 2011).

2.3.8. Actividades Productivas

a) Agricultura

El área de estudio se caracteriza por tener un patrón de cultivos constante de una campaña a otra. Considerando su vocación pecuaria, el cultivo predominante es el arroz y el banano orgánico, en menor escala se tiene el cacao, limón, mango, uva y algunas variedades de menestras. El régimen de propiedad se identifica por presentar un patrón de conducción bajo la modalidad individual, que es la que predomina en la actualidad. El nivel tecnológico varía de medio a alto. La producción de la mayoría de los frutales se emplea en la agroindustria artesanal. En menor escala cubre la exportación a otros lugares de consumo nacional e internacional.

Primer Monitoreo participativo organizado por la Autoridad Nacional del Agua. (Julio del 2011).

b) Industrias y otras

La actividad industrial es el cultivo de productos hidrobiológicos. Respecto a la ganadería, la producción pecuaria se relaciona con la crianza de ganado vacuno, ovino, porcino, caprino y animales menores (cuyes, aves). La población de vacunos para la obtención de leche, los ovinos y aves, son los que tienen mayor significado económico, sigue en importancia los porcinos.

Primer Monitoreo participativo organizado por la Autoridad Nacional del Agua. (Julio del 2011).

2.4.0. Situaciones o problemas que dan origen a una mala calidad del agua en las cuencas

La cuenca del río Puyango-Tumbes tiene problemas de diversa índole y origen en sus zonas alta, media y baja:

a) La minería informal

Existen diversos diagnósticos formales, realizados a través de consultorías encargadas a entidades internacionales o a través de la elaboración de trabajos de tesis. El denominador común para la mayoría de problemas está en la contaminación originada por actividades del hombre que traen consecuencias graves en la calidad del agua.

Las fuentes principales de deterioro de la calidad del agua son los productos utilizados en el procesamiento del mineral, que en el presente caso siendo oro, ocupa fundamentalmente mercurio y arsénico, pero que a su vez durante el proceso de lixiviación pone al descubierto en la roca madre otros elementos o compuestos, generalmente de metales pesados, ácidos y bases, que son incorporados al cauce de las quebradas o ríos. Además el empleo de agua para el lavado del mineral remueve el suelo y trae consigo erosión de sedimentos que enturbian el agua y sirven de vehículo de adsorción de iones metálicos que son trasladados aguas abajo en forma de partículas en suspensión que a depender de la velocidad de flujo sedimentan.

Es de hacer notar que el movimiento de las áreas donde supuestamente existe el metal a explotar, favorece la contaminación por los elementos del como ocurre con el hierro que se presenta en el área bajo la forma de limonita.

b) Residuos del uso doméstico de poblados y ciudades

En las márgenes de los ríos se encuentran establecidos numerosos poblados principalmente en la cuenca alta y baja del río Puyango-Tumbes y la baja del Zarumilla: la mayoría de ellos si no el 100 % no disponen de servicios de desagüe ni disposición de residuos sólidos, lo que trae consigo que todos los residuos domésticos con restos orgánicos y otros no degradables son arrojados a las quebradas o ríos contaminando sus aguas. La mayor parte de estos residuos contienen aceites, grasas, materia orgánica abundancia de bacterias, como las coliformes y muchas otras transmisoras de diferentes enfermedades entéricas, hepáticas y de otra índole, que al determinar la calidad del agua la evalúan como no apta para consumo directo ni por el hombre ni los animales de crianza.

A nivel de ciudad, el vertimiento directo de aguas domésticas sin tratamiento en el río, está incrementándose en relación directa al crecimiento poblacional y al aumento de industrias que también utilizan las redes de desagüe para evacuar sus residuos.

c) La agricultura y productos utilizados para su manejo

En términos generales los grados de eficiencia en el uso del agua son bajos y aún en los mejores, existe agua de escorrentía que acarrea parte de los fertilizantes utilizados, ricos en nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, también se utilizan insecticidas y fungicidas casi todos ellos como compuestos orgánicos con elementos tóxicos para el ser humano y animales y son incorporados a los cauces de los ríos o al agua subterránea causando cambios en la calidad del agua tanto superficial como subterránea.

La mala operación y mantenimiento de los sistemas de transporte, de riego y de drenaje producen erosión acarreando partículas del suelo que además de producir turbidez en el agua- signo de mala calidad- además favorecen que sea vehículo de elementos tóxicos por adherencia a las partículas en suspensión y dan lugar a sedimentos cargados de contaminantes. Proyecto Especial Binacional Puyango-Tumbes PEBPT (2011).

2.4.1. Problemas originados por el uso de agua de mala calidad

Este acápite se refiere a los aspectos generales que origina la mala calidad del agua, ya que posteriormente se tratará los efectos específicos de los contaminantes que en las cuencas en estudio se presentan con valores fuera de los límites máximos permisibles.

a) Daños que produce el agua contaminada por la minería informal

Principalmente la minería contamina el agua con metales pesados y/o produce vertimientos ácidos que disminuyen el pH por debajo de valores permisibles.

Los daños principales que se originan debido a la existencia de minería mal controlada y de la disposición de residuos orgánicos de habitantes y animales de las áreas urbanas y poblados, a la existencia de botaderos de basura en o cerca de los cauces del río o de sus afluentes, son muy variados.

En las zonas de explotación no controlada, la contaminación directa y a través del agua de los trabajadores y habitantes de los "asientos mineros" ,que se traduce en enfermedades de diversa índole según el contaminante

de que se trate, con el agregado social de la posibilidad de brotes de criminalidad, hacinamiento, etc.

Los vertimientos provenientes de minas sea formal o informal al llegar e un curso de agua natural se incorpora al mismo y a depender de las condiciones topográficas de pendiente y del material del cauce, al producirse erosión da lugar a arrastre de sedimentos, con la consiguiente turbidez, que a su vez es una condición indeseable del agua, si ésta ha de ser utilizada para consumo doméstico. Los sedimentos a su vez además de servir de albergue a elementos en diferente condición química sirven de medio de reacciones de óxido-reducción en el medio ambiente dando lugar a otra serie de contaminantes que generalmente causan deterioro de los hábitats donde se desarrollan. Al existir vegetales, especies forestales o peces, todos ellos generalmente desaparecen cuando la carga de contaminantes es excesiva, produciéndose entonces condiciones de mayor erosión con deslizamientos y desertificación Al desplazarse a zonas más bajas cuando por efecto de la abundancia de precipitación aumentan los caudales son transportados y causan efectos dañinos en almacenamientos de agua o en su salida al mar o lagos si fuera el caso.

b) Efectos de los contaminantes originados por el uso doméstico

El agua que pierde su calidad por efecto de la contaminación al utilizarse en labores domésticas, en poblados o ciudades, tiene un alto contenido de materia orgánica, de detergentes, residuos de aceites y grasas, si existieran industrias de diferente índole se contaminaría con otros elementos generalmente inorgánicos , que dan origen a diverso tipo de enfermedades. Las dolencias más frecuentes originadas por bacterias fecales son problemas al sistema digestivo principalmente de recién nacidos e infantes y personas con sistema inmunitario disminuido y

complicaciones con otros órganos como el hígado. Al igual que el agua contaminada por el uso minero, al desplazarse a las partes bajas forma áreas donde la eutrofización se desarrolla causando a su vez cambios en los hábitats existentes o creando nuevos sistemas ecológicos modificando así las condiciones del medio ambiente.

c) La contaminación originada por las labores agrícolas y pecuarias

Al utilizarse el agua para uso agrícola, como se ha mencionado, dependiendo de la calidad con que llegue a los campos, se produce en primer lugar una contaminación del suelo en donde la textura -fina o gruesa- del suelo será determinante para que los elementos dañinos contenidos en el agua, se alojen por adsorción en las partículas del suelo o ingresen por percolación a la napa freática. Los ciclos de alimentación de la napa freática se repiten durante los sucesivos cultivos ocasionando el ascenso en el nivel de la napa freática y, nuevamente en función de si el suelo es de textura fina o gruesa tarde o temprano se produce la salinización de los campos de las zonas más bajas al evaporarse el agua que ascendió por capilaridad a la superficie.

Cabe anotar que el proceso anotado depende en gran parte de la eficiencia con que se use el agua: en tal caso mientras menos eficiente sea el riego mayores pérdidas se producirán y el problema de salinización se presentará más temprano. Además, el agua por pequeña que sea la cantidad de sólidos disueltos que tenga, vale decir su TSS o la conductividad eléctrica sean de un valor bajo, siempre cada vez que se riega se agrega al suelo y/o al agua subterránea una cantidad de sales solubles.

Existe otro aspecto adicional, que se agrega al proceso anterior: para la conducción de los cultivos se requiere utilizar fertilizantes para asegurar una buena producción, y para evitar el ataque de enfermedades y plagas son necesarios fungicidas e insecticidas, todos ellos solubles y si acaso existe mala hierba se aplican herbicidas. Todos estos productos se incorporan al agua de riego y siguen la misma ruta de los contaminantes con que venía el agua: como resultado se tiene un panorama de deterioro de la calidad tanto del suelo como del agua al incorporársele material extra o adicional.

Además, en los proyectos de riego los excesos de agua se ubicarán en las zonas más bajas originando la formación de pantanos, producen erosión y transporte de sedimentos, turbidez en el agua y finalmente depósitos de la misma donde lo más frecuente es que se desarrolle la eutrofización debido a que las aguas de escorrentía contenían parte de los fertilizantes. La riqueza en el agua sobre todo de nitrógeno favorece la proliferación de vegetación específica de estos hábitats, donde finalmente debido a la falta de oxígeno disuelto origina zonas con materia en descomposición.

Los sistemas de riego generalmente tienen agua estancada en algunas de sus estructuras, o donde se producen charcos o se desarrolla vegetación en los canales: estos son focos de la proliferación de insectos, bacterias, virus o parásitos intestinales que son vectores de enfermedades tales como la malaria, disentería.

Como resultado final de una agricultura mal manejada se tiene:

- Disminución de la productividad o la pérdida de cosechas en las zonas agrícolas.
- Mortandad o desaparición de determinadas especies de peces que normalmente existen en los ríos.

- Deterioro del medio ambiente: inicio de desertificación, salinización de los suelos y en el caso particular de la zona que dispone de manglares la contaminación de los mismos y del ecosistema respectivo incluyendo limitaciones en el hábitat de las especies de peces o moluscos que habitan estos ecosistemas.
- La cría de especies como el langostino existente en las langostineras establecidas en ambos países que puede ser afectada por el agua de mala calidad.

2.4.2. Estándares de calidad del agua y el monitoreo

Los denominados Estándares de Calidad del Agua, como se dijo anteriormente, son el resultado de investigaciones de diferentes ciencias que a partir de parámetros y sus valores límites indican la conveniencia o el riesgo de utilización de una determinada calidad de agua, esto según el uso que se le dé; sin embargo no todos los estándares de que se dispone serán materia del monitoreo, justamente porque algunos parámetros no se encontrarán en una cuenca determinada, precisamente porque cada cuenca tiene sus peculiaridades en suelo, topografía, mineralogía y también utilización de la misma: diferentes tipos de cultivos y de ganadería, aves de corral, ganadería, conservación de fauna o foresta, piscicultura, minería, industrias etc.

El monitoreo y determinación de la calidad del agua puede tener diferentes razones y objetivos orientados fundamentalmente al mantenimiento de la salud del hombre y más seres vivos además de mantener un equilibrio ecológico sustentable, permite así mismo establecer mecanismos de gestión por medio de leyes y reglamentos, determinar los problemas existentes en su uso y que tengan relación con el primer objetivo y también es utilizado dentro de la investigación y búsqueda de la causa de problemas y sus límites. Por consiguiente estas cuatro razones hacen del

monitoreo una herramienta eficaz en la gestión de la calidad del agua y la solución a los problemas que su mala calidad pudieran ocasionar.

Clasificación de los cuerpos de agua para la aplicación de los estándares de calidad del agua. ECA. Perú

Según Resolución Jefatural RJ 202-2010 ANA, se estableció que la clasificación para efectos de determinación de calidad de aguas sería en la Cuenca del río Puyango-Tumbes desde su ingreso al Perú hasta la toma de agua potable Categoría 1-A2 " Poblacional y Recreacional", y a partir de este punto hasta el Océano Pacífico, con Categoría 3: " Riego de Vegetales y Bebida de Animales".

Según la misma Resolución, para la cuenca del río Zarumilla, lado peruano, desde su nacimiento hasta el Puente Bolsico en la localidad de Aguas Verdes las aguas del referido río se clasifican como de Categoría 3: "Riego de Vegetales y Bebida de Animales", y aguas debajo de este punto se clasifican como Categoría 4 "Conservación del Ambiente Acuático"

Redes y estaciones de monitoreo según informes técnicos de monitoreo realizados por la Autoridad Nacional del Agua

1. INFORME TÉCNICO N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP, 2011

Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA-Perú, en Julio del 2011, se escogieron los lugares para las estaciones de muestreo en el monitoreo de calidad de las aguas, para los ríos de las Cuencas Puyango-Tumbes y Zarumilla, según aparece en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1 Red de estaciones de monitoreo de agua superficial de la cuenca Tumbes - Lado Peruano

Nº	Código	Fuente	Descripción	Coordenadas de Ubicación		Provincia	Distrito	Localidad
				Este	Norte			
1	BEP-PT-PE-15	Río Tumbes	En las ciudades de San Jacinto y San Juan de la Virgen	562083	9599765	Tumbes	San Jacinto	San Jacinto
2	BEP-PT-PE-16	Río Puyango	Río Puyango, antes de la confluencia con la Qda. Cazaderos (Cabo Inga).	566896	9559683	Tumbes	San Jacinto	Cazaderos
3	BEP-PT-PE-17	Quebrada Cazadero	Quebrada Cazaderos, A.J. con el río Puyango.	566858	9559748	Tumbes	San Jacinto	Cazaderos
4	BEP-PT-PE-18	Río Tumbes	Río Tumbes, después de unión con la Qda. Cazaderos.	566821	9559817	Tumbes	San Jacinto	Cazaderos
5	BEP-PT-PE-19	Río Tumbes	Río Tumbes, a 400 m del Puesto de Salud de Rica Playa.	555763	9579411	Tumbes	San Jacinto	Rica Playa
6	BEP-PT-PE-20	Río Tumbes	Río Tumbes, bocatoma La Peña.	560711	9593069	Tumbes	San Jacinto	La Peña
7	BEP-PT-PE-21	Río Tumbes	Río Tumbes, bocatoma de la captación de la EPS ATUSA.	560270	9604891	Tumbes	Tumbes	Tumbes
8	BEP-PT-PE-22	Río Tumbes	Río Tumbes, 1.5 km aprox. después de la caseta de bombeo de aguas servidas de la ciudad de Tumbes.	559393	9606150	Tumbes	Tumbes	Tumbes
9	BEP-PT-PE-23	Río Tumbes	Río Tumbes, 1.5 km aprox. antes de la desembocadura al mar (Boca Malpelo).	555619	9609684	Tumbes	Tumbes	Tumbes
10	BEP-PT-PE-24	Río Tumbes	Río Tumbes, desembocadura al mar (Boca Cherras)	556558	9613086	Tumbes	Tumbes	Tumbes
11	BEP-PT-PE-25	Río Tumbes	En el Hito Cóndor Flores, 200m aguas abajo de la Q. Linda Chara	596712	9569873	Zarumilla	Matapalo	Linda Chara

Fuente. Datos tomados de Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Cuadro 2 Red de Estaciones de monitoreo de agua superficial de la cuenca Zarumilla - Lado Peruano

Nro.	Código	Fuente	Descripción	Coordenadas de Ubicación		Provincia	Distrito
				Este	Norte		
1	BEP-Z-PE-05*	Río Zarumilla	Quebrada Faical / o Quebrada Seca	590931	9587259	Zarumilla	Matapalo
2	BEP-Z-PE-06*	Río Zarumilla	A.A. Bocatoma la Palma	587667	9606624	Zarumilla	Papayal
3	BEP-Z-PE-07	Río Zarumilla	Estero Zarumilla en Puerto Grau	586410	9619657	Zarumilla	Aguas Verdes
4	BEP-Z-PE-08	Río Zarumilla	Río Zarumilla, en el sector Matapalos	588951	9592804	Zarumilla	Matapalos

Fuente. Datos tomados de Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Resultados de las muestras de agua en la Cuenca Tumbes Lado Peruano del Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

A continuación se presenta la confrontación de los resultados de los análisis de aguas superficiales en la cuenca de Tumbes - Lado Peruano con los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) para la categoría 1-A2 “Población recreacional - Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional” los resultados se detallan en el Anexo 1.

Los resultados de los análisis de aguas superficiales en la cuenca del río Tumbes, después de la captación del agua potable que excede y/o están fuera de rango de valores, a los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) para la categoría 3 “Riego de vegetales y Bebida de Animales” los resultados se detallan en el anexo 1.

En el tramo final de la cuenca se muestrearon tres (03) estaciones de monitoreo en el río Tumbes, desde BEP-PT-PE-22 ubicada aproximadamente a 1.5 km después de la caseta de bombeo de aguas servidas de la ciudad de Tumbes, y en BEP-PT-PE-23 ubicada a 1.5 km aproximadamente antes de la desembocadura al mar en la denominada Boca Malpelo y en BEP-PT-PE-24 ubicada en la desembocadura al mar en la denominada Boca Cherres.

En estos tres (03) puntos de monitoreo, los resultados de las concentraciones de los parámetros manganeso (0.3380 a 0.8656 mg/L), Hierro (1.0942 a 4.5023 mg/L) y coliformes termotolerantes (2300 a 17000 NMP/100 ml) fueron mayores de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en la categoría 3 “Riego de Vegetales y Bebida de Animales” los valores de coliformes termotolerantes aumentaron en el punto BEP-PT-PE-23 (Boca Malpelo), mientras que en el BEP-PT-PE-24

(Boca Cherres) disminuyen en comparación con el contenido en el BEP-PT-PE-22 (1.5 km después de la caseta de bombeo de aguas servidas de Tumbes).

En el punto BEP-PT-PE-22 y en el punto BEP-PT-PE-23, las concentraciones de arsénico (0,078 y 0.052 mg/l respectivamente) fueron mayores a los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en la categoría 3 “Riego de Vegetales y Bebida de Animales”, la concentración de plomo en el punto BEP-PT-PE-22 (0.1316 mg/L) fue mayor al valor del Estándar de Calidad Ambiental correspondiente.

La conductividad en el punto BEP-PT-PE-22 fue de 302 uS/cm y en el punto BEP-PT-PE-24 fue de 19 550uS/cm, lo que indica que estos últimos puntos se encuentran en la zona de la mezcla con aguas del mar.

Resultados de las muestras de agua en la Cuenca Zarumilla, Lado Peruano del Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

A continuación se indican los resultados de los análisis de aguas superficiales, ubicados en el ámbito de la cuenca Zarumilla - Lado Peruano, que exceden y/o están fuera del rango de valores, a los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas (ECA). Los resultados se detallan en los Cuadro 8 anteriores.

- ✓ Río Zarumilla categoría: “Riego de Vegetales y Bebida de Animales”

En esta parte de la cuenca se muestrearon dos (02) estaciones de monitoreo en el río Zarumilla, en BEP-Z-PE-08 ubicado en el sector de Matapalos, después del puente básico en aguas verdes y BEP-Z-PE-07 ubicada en la desembocadura en el mar (estero Zarumilla en Puerto

Grau), se muestrearon sólo dos estaciones de los cuatro, debido a la ausencia de agua por encontrarse en la época de estiaje.

En el sector Matapalo, ubicado en la parte alta de la cuenca, todos los parámetros se encontraron dentro de los valores del ECA para la categoría 3.

- ✓ Estero Zarumilla: categoría 4: Conservación del Ambiente Acuático – estuarios

En el estero Zarumilla en el Puerto de Grau (BEP-Z-PE-07), los valores de las concentraciones de: nitrógeno amoniacal (0.32 mg/l), níquel (0.003 mg/L) y plomo (0.0121) fueron mayores a los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en la categoría 4 “Conservación del Ambiente Acuático - Estuario”, asimismo, el valor de la concentración de oxígeno disuelto (3.04 mg/L) fue menor al valor del ECA en la categoría 4: “Conservación del Ambiente Acuático para Estuario”

Se precisa que el estero Zarumilla es una zona de tránsito navegable ambos países con mucha actividad comercial y que no cuenta con servicios de saneamiento en el lado ecuatoriano (Puerto Hualtaco) y en el lado peruano es zona de actividad acuícola.

En el estero Zarumilla - Puerto Grau, cuya conductividad fue de 50 400 uS/cm, la concentración de oxígeno disuelto registró bajo valor, debido a que el punto se encuentra en zona de mezcla (agua de río con agua de mar), en donde hay una demanda de oxígeno por las actividades biológicas, y la oxidación de compuestos inorgánicos y orgánicos por bacterias en disolución, el valor de la demanda química de oxígeno (DQO = 39.7 mg/L) en el estero Zarumilla indican la demanda de oxígeno para

oxidar la materia orgánica susceptible a reaccionar con el oxígeno del agua.

Otros parámetros que estuvieron por encima de los valores ECA agua para la categoría 4 fueron: nitrógeno amoniacal (0.32 mg/L), níquel (0.003 mg/L) y plomo (0.0121 mg/L). Los valores del ECA respectivamente fueron 0.05 mg/L, 0.002 mg/L y 0.0081.

2. INFORME TÉCNICO N° 017 • 2012-ANA-PMGRH-CP TUMBES-MRSP, Octubre 2012

Tercer monitoreo Participativo de la calidad del agua superficial en las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla lado peruano.

a) Cuenca del río Tumbes

Se establecieron once (11) puntos de monitoreo, implementados para fines de estudio de calidad de agua. En el cuadro 3, se describe cada uno de los puntos de monitoreo:

Cuadro 3 Red de puntos de monitoreo de agua superficial de la Cuenca Tumbes- Lado Peruano

N°	Código	Fuente	Descripción	Coordenadas de Ubicación		Provincia	Distrito	Localidad
				Este	Norte			
1	RPuya1	Río Puyango	Río Puyango, en el Hito Cóndor Flores, 200m aguas abajo de la Q. Linda Chara	596712	9569873	Zarumilla	Matapalo	Linda Chara
2	RPuya2	Río Puyango	Río Puyango, antes confluencia con Qda. Cazaderos (Hito Cabo Inga).	566896	9559683	Tumbes	San Jacinto	Cabo Inga
3	QCaza1	Quebrada Cazaderos	Quebrada Cazaderos, antes de juntarse con el río Puyango.	566858	9559748	Tumbes	San Jacinto	Cabo Inga
4	RTumb1	Río Tumbes	Río Tumbes, después de unión con la Qda. Cazaderos.	566821	9559817	Tumbes	San Jacinto	Cabo Inga
5	RTumb2	Río Tumbes	Río Tumbes, a 400 m del Puesto de Salud de Rica Playa.	555763	9579411	Tumbes	San Jacinto	Rica Playa
6	RTumb3	Río Tumbes	Río Tumbes, bocatoma La Peña.	550711	9593069	Tumbes	San Jacinto	La Peña
7	RTumb4	Río Tumbes	Río Tumbes, San Juan de la Virgen	562083	9599765	Tumbes	San Jacinto	San Juan de la Virgen
8	RTumb5	Río Tumbes	Río Tumbes, bocatoma de captación de EPS ATUSA (parque El Beso).	560270	9604891	Tumbes	Tumbes	Tumbes
9	RTumb6	Río Tumbes	Río Tumbes, 1.5 km aprox. después caseta de bombeo de aguas servidas "Coloma" de la ciudad de Tumbes.	559393	9606150	Tumbes	Tumbes	Tumbes
10	RTumb7	Río Tumbes	Río Tumbes, 1.5 km aprox. antes de la desembocadura al mar "Boca Mal Pelo".	555619	9609684	Tumbes	Tumbes	Tumbes
11	RTumb8	Río Tumbes	Río Tumbes, desembocadura al mar "Boca Cherres".	556558	9613086	Tumbes	Tumbes	Tumbes

Fuente. Datos tomados del Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (octubre 2012)

Cuenca del río Zarumilla

Se establecieron cinco (05) puntos de monitoreo, implementados para fines de estudio de calidad de agua. En el cuadro 04 se describe cada uno de los puntos de monitoreo:

Cuadro 4 Red de puntos de monitoreo de agua superficial de la Cuenca Zarumilla- Lado Peruano

N°	Código	Fuente	Descripción	Coordenadas de Ubicación		Provincia	Distrito
				Este	Norte		
1	QFaic1	Quebrada Faical	Quebrada Faical, antes de juntarse con quebrada Seca para formar el Río Zarumilla	590931	9587259	Zarumilla	Matapalo
2	RZaru1	Río Zarumilla	Río Zarumilla, en el sector Matapalo (Hito Matapalo)	588951	9592804	Zarumilla	Matapalo
3	RZaru2	Río Zarumilla	Río Zarumilla, altura Bocatoma la Palma (inicio del Canal Internacional)	587667	9606624	Zarumilla	Papayal
4	MCana1	Estero Canal Internacional	Estero Canal Internacional, en PVPF-Puerto Grau (Hito Grau, recibe las aguas que desembocan del Canal Internacional)	586410	9619657	Zarumilla	Aguas Verdes
5	MZaru1	Estero Zarumilla	Estero Zarumilla, altura de la confluencia con estero Camarones (recibe las aguas que desembocan del río Zarumilla)	582765	9610306	Zarumilla	Aguas Verdes

Fuente. Datos tomados del Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (octubre 2012)

Resultados de las muestras de agua en la Cuenca Tumbes Lado Peruano del Informe Técnico N° 017-2012-ANA-PMGRH-CP TUMBES-MRSP – 2012

En el Cuadro 5, se presenta en resumen la relación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que exceden los valores de la Categoría 1-A2 "Poblacional y Recreacional" - Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional, y Categoría 3 "Riego de Vegetales y Bebida de Animales", las cuales se indican cualitativamente.

Cuadro 5 Resultados de la evaluación de la calidad del agua del río Tumbes

N°	Código	Fuente	Descripción	Categoría	Parámetros que exceden el ECA Agua
Cuenca alta					
1	RPuya1	Río Puyango	Río Puyango, en el Hito Cóndor Flores, 200m aguas abajo de la Q. Linda Chara	1 A2	Aluminio, Antimonio, Arsénico, Cadmio, Hierro, Manganeso y Plomo
2	RPuya2	Río Puyango	Río Puyango, antes confluencia con Qda. Cazaderos (Hito Cabo Inga).	1 A2	Fósforo, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Cadmio, Hierro, Manganeso y Plomo
Tributario					
3	QCaza1	Quebrada Cazaderos	Qda. Cazaderos, antes de juntarse con el río Puyango.	1 A2	Aluminio y Hierro
Cuenca Media					
4	RTumb1	Río Tumbes	Río Tumbes, después de unión con la Qda. Cazaderos.	1 A2	Oxígeno Disuelto, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Cadmio, Hierro, Manganeso y Plomo
5	RTumb2	Río Tumbes	Río Tumbes, a 400 m del Puesto de Salud de Rica Playa.	1 A2	Oxígeno Disuelto, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Hierro y Plomo
6	RTumb3	Río Tumbes	Río Tumbes, bocatoma La Peña.	1 A2	Fósforo, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Hierro, Manganeso y Plomo
7	RTumb4	Río Tumbes	Río Tumbes, San Juan de la Virgen	1 A2	Oxígeno Disuelto, Fósforo, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Hierro y Plomo
8	RTumb5	Río Tumbes	Río Tumbes, bocatoma de captación de EPS ATUSA (parque El Beso).	1 A2	Oxígeno Disuelto, Fósforo, Aluminio, Antimonio, Arsénico, Hierro y Plomo
Cuenca Baja					
9	RTumb6	Río Tumbes	Río Tumbes, 1.5 km aprox. después Caseta de bombeo de aguas servidas "Coloma" de la ciudad de Tumbes.	3	Oxígeno Disuelto, Coliformes Termotolerantes, , Arsénico, Hierro, Manganeso y Plomo
	RTumb7	Río Tumbes	Río Tumbes, 1.5 km aprox. antes de la desembocadura al mar "Boca Mal Pelo".	3	Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, Magnesio, Sodio, Arsénico, Hierro, Manganeso y Plomo
	RTumb8	Río Tumbes	Río Tumbes, desembocadura al mar "Boca Cherres"	3	Oxígeno Disuelto, Conductividad Eléctrica, Sodio, Hierro y Manganeso

Fuente. Datos tomados del Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Resultados de las muestras de agua en la Cuenca Zarumilla Lado Peruano del Informe Técnico N° 017-2012-ANA-PMGRH-CP TUMBES-MRSP – 2012.

En el Cuadro N° 06, se presenta en resumen la relación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que exceden los valores de la Categoría 3 "Riego de Vegetales y Bebida de Animales", y Categoría 4 "Conservación del Ambiente Acuático" las cuales se indican cualitativamente.

Cuadro 6 Resultados de la evaluación de la calidad del agua del río Zarumilla

N°	Código	Fuente	Descripción	Categoría	Parámetros que exceden el ECA Agua
1	QFaic1	Quebrada Faical	Quebrada Faical, antes de juntarse con quebrada Seca para formar el Río Zarumilla	3	x
2	RZaru1	Río Zarumilla	Río Zarumilla, en el sector Matapalo (Hito Matapalo)	3	x
3	RZaru2	Río Zarumilla	Río Zarumilla, altura Bocatoma la Palma (inicio del Canal Internacional)	3	x
4	MCana1	Estero Canal Internacional	Estero Canal Internacional, en PVPF-Puerto Grau (Hito Grau, recibe las aguas que desembocan del Canal Internacional)	4	Nitrógeno Amoniacal
	MZaru1	Estero Zarumilla	Estero Zarumilla, altura de la confluencia con estero Camarones (recibe las aguas que desembocan del río Zarumilla)	4	Nitrógeno Amoniacal

Fuente. Datos tomados del Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (octubre 2012)

Los resultados con mayor detalle se detallan en el Anexo 2.

3. INFORME TÉCNICO N° 032-2013-ANA-PMGRH-CP TUMBES-MRSP – Agosto, 2013.

Informe de los resultados obtenidos del Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano, realizado en Agosto de 2013.

a) Río Tumbes

Se establecieron once (11) puntos de monitoreo implementados para fines de estudio de calidad de agua, en los cuerpos de agua en el río Tumbes.

En el cuadro 7 se describen cada uno de los puntos de monitoreo:

Cuadro 7 Red de puntos de monitoreo de agua superficial de la Cuenca del río Tumbes

N°	Codigo	Fuente	Descripción	Coordenadas		Provincia	Distrito	Localidad	Altitud (msnm)
				Este	Norte				
1	1392RPuya1	Rio Puyango	Rio Puyango, en el Hito Cóndor Flores, 200m aguas debajo de la Q.	9574422	605352	Matapalo	Zarumilla	Puesto de Avanzada	248
2	1392RPuya2	Rio Puyango	Rio Puyango, antes de la confluencia con la quebrada. Cazaderos (Hito)	9559789	566841	San Jacinto	Tumbes	Cazaderos	148
3	1392QCaza1	Quebrada Cazaderos	Quebrada Cazaderos, antes de juntarse con el Rio Puyango.	9559897	566791	San Jacinto	Tumbes	Cazaderos	145
4	1392RTumb1	Rio Tumbes	Rio Tumbes, después de unión con la Qda. Cazaderos	9559894	566793	San Jacinto	Tumbes	Cazaderos	137
5	1392RTumb11	Rio Tumbes	Rio Tumbes, Estación Hidrometeorológica El Tigre	9583404	560307	San Jacinto	Tumbes	Rica Playa	35
6	1392QCabu1	Quebrada Angostura Cabuyal	Quebrada Angostura Cabuyal	9588997	561312	Pampas de Hospital	Tumbes	Cabuyal (Sector La Rinconada)	16
7	1392RTumb3	Rio Tumbes	Rio Tumbes, Bocatoma La Peña	9593078	560714	San Jacinto	Tumbes	La Peña	26
8	1392RTumb9	Rio Tumbes	Rio Tumbes, Aguas abajo de Quebrada Las Peñas	9598517	562849	San Juan de la Virgen	Tumbes	Tacural	17
9	1392RTumb5	Rio Tumbes	Rio Tumbes, Bocatoma de la captación de la EPS ATUSA (altura parque El Beso)	9604897	560274	Tumbes	Tumbes	Tumbes	2
10	1392RTumb6	Rio Tumbes	Rio Tumbes, 1.5 km aprox. Después de la caseta de bombeo de aguas servidas "Coloma" de la ciudad de Tumbes (Variando la toma de la muestra a la margen derecha en el ingreso del Canal Aductor La Tuna)	9605570	559478	Tumbes	Tumbes	Tumbes	-111
11	1392RTumb10	Rio Tumbes	Rio Tumbes, Aguas abajo de Estero Corrales	X	x	Tumbes	Tumbes	Sector La Canela	x
12	1392RTumb7	Rio Tumbes	Rio Tumbes, 1.5 km aprox. Antes de la desembocadura al mar "Boca Mal Pelo".	9609685	555611	Tumbes	Tumbes	Sector La Canela	-111
13	1392RTumb8	Rio Tumbes	Rio Tumbes, desembocadura al mar "Boca Cherrés".	9612882	559817	Tumbes	Tumbes	Cherres	0
14	1392RPeer1	Estero Puerto Rico	Estero Puerto Rico	9612125	566764	Tumbes	Tumbes	Puerto Pizarro	6

Fuente. Datos tomados del Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

b) Río Zarumilla

Se establecieron cinco (05) puntos de monitoreo, implementados para fines de estudio de calidad de agua, en los cuerpos naturales de agua denominados Quebrada Faical, río Zarumilla, estero Canal Internacional, estero Zarumilla. En el cuadro 7, se describe cada uno de los puntos de monitoreo:

Cuadro 8 Red de puntos de monitoreo de agua superficial de la Cuenca río Zarumilla

N°	Codigo	Fuente	Descripción	Coordenadas		Provincia	Distrito	Altitud (msnm)
				Este	Norte			
1	13934QFaic1	Quebrada Faical	Quebrada Faical, antes de juntarse con el Río Zarumilla	590931	9587259	Zarumilla	Matapalo	45
2	13934RZaru1	Río Zarumilla	Río Zarumilla, en el sector Matapalo (Hito Matapalo)	588951	9592804	Zarumilla	Matapalo	50
3	13934RZaru2	Río Zarumilla	Río Zarumilla, altura Bocatombo la Palma (inicio del Canal Internacional)	587657	9606624	Zarumilla	Papayal	22
4	13934MCana1	Estero Canal Internacional	Estero Canal Internacional, en PVPF- Puerto Grau (Hito Grau, recibe las aguas que desembocan del Canal Internacional)	586410	9619657	Zarumilla	Aguas Verdes	0
5	13931MZaru1	Estero Zarumilla	Estero Zarumilla, altura de la confluencia con estero Camarones (recibe las aguas que desembocan del río Zarumilla)	582765	9610306	Zarumilla	Aguas Verdes	3

Fuente. Datos tomados del Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano, (Agosto de 2013)

Resultados del Informe Técnico N° 032-2013-ANA-PMGRH-CP TUMBES-MRSP – Agosto, 2013.

La evaluación de la calidad del agua de los ríos Tumbes y Zarumilla entre la naciente y la desembocadura al ecosistema manglar se realizará en dos tramos:

Río Tumbes: Para el río Tumbes, entre la naciente (río Puyango y su tributario la quebrada Cazaderos) y la captación de la Planta de producción de agua potable El Milagro administrada por la EPS Aguas de Tumbes S.A. tomando en cuenta los parámetros de la categoría 1 A2 de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) según lo establecido en el D.S. N° 002-2008-MINAM, y el segundo tramo comprendido entre aguas abajo de la captación de la Planta El Milagro y la desembocadura al ecosistema manglar tomando en cuenta los parámetros de la categoría 3 del ECA.

Para el río Tumbes:

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de aguas superficiales en la cuenca del río Tumbes - Lado Peruano, el mismo que se encuentra clasificado en dos categorías: la primera que comprende desde la naciente del río Tumbes en la confluencia del río Puyango con la quebrada Cazaderos hasta antes de la captación de agua para producción de agua potable de la EPS Aguas de Tumbes SA, a la altura del Parque el Beso tramo del río evaluado con los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA) en la Categoría 1-A2 "Poblacional y Recreacional - Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional" y para el tramo final desde aguas abajo de la captación de la EPS Aguas de Tumbes SA a la desembocadura al mar por las dos bocas del río Tumbes, Boca Cherres y Boca Malpelo, evaluados con los valores de los Estándares de calidad ambiental para agua (ECA) en la categoría 3 Riego de Vegetales y Bebida de Animales".

Tramo del Río Tumbes: categoría 1-A2 "Poblacional y Recreacional - Aguas que pueden ser tratadas con tratamiento convencional.

Parámetros No Críticos:

En los puntos de monitoreo 1392RTumb1, 1392RTumb11, 1392RTumb3 y 1392RTumb5 los parámetros físico químicos: pH, Oxígeno disuelto Conductividad eléctrica, nitratos, fosfatos, Bario total, Berilio total, Boro total, Cadmio total, Cobre total, Cromo total, Manganeso total, Mercurio total, Níquel total, Selenio total y zinc total son menores a valor del ECA para la categoría 1-A2.

El recuento de bacterias Coliformes termotolerantes, es menor que el valor establecido en el ECA para agua de la categoría 1-A2, en los cuatro (04) puntos de monitoreo antes mencionados.

Parámetros Críticos:

Demanda Química de Oxígeno (DQO): En los puntos de monitoreo 1392Rtumb11 y 1392Rtumb3 la concentración de DQO es 24 mg/L en ambos puntos excediendo en 0,2 el valor el ECA categoría 1 A2.

Aluminio total (Al_{tot}): En los puntos de monitoreo 1392RTumb1, 1392RTumb11, 1392RTumb3 y 1392RTumb5 las concentraciones de este parámetro son 1,2812, 2,5151, 1,9394, 1,5894 mg/L y exceden en 5.40, 11.57, 8.69 y 6.94 veces respectivamente al ECA - categoría 1-A2 "aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional" (0.2 mg/L).

Antimonio total (Sb_{tot}): En los puntos de monitoreo 1392RTumb1, 1392RTumb11, 1392RTumb3 y 1392RTumb5 las concentraciones de este parámetro son 0,0141, 0,0175, 0,0161, 0,0181 mg/L excediendo en 1.35, 1.917, 1.683 y 2.017 veces respectivamente a los valores del ECA- categoría 1-A2 (0.006 mg/L). **Arsénico total (AS_{tot}):** En los puntos de monitoreo 1392RTumb1, 1392RTumb11, 1392RTumb3 y 1392RTumb5 las concentraciones de este parámetro son 0,1039, 0,1162, 0,1181, 0,1013 mg/L excediendo en 9.39, 10.62, 10.81, 9.13 respectivamente al valor ECA categoría 1-A2 igual a 0.01 mg/L.

Hierro total (Fe_{tot}): En los puntos de monitoreo 1392RTumb1, 1392RTumb11, 1392RTumb3 y 1392RTumb5 las concentraciones de este parámetro son 3,0057, 5,2010, 3,8200, 3,1530 mg/L y exceden en 2.006, 4.201, 2.820, 2.153 veces respectivamente, al valor establecido en el ECA (1 mg/L) antes indicado.

Plomo total (Pb_{tot}): En los puntos de monitoreo 1392RTumb1, 1392RTumb11, 1392RTumb3 y 1392RTumb5 las concentraciones de este parámetro son 0,1462, 0,2472, 0,1933, 0,1434 mg/L excediendo

en 1.92, 3.94, 2.86, 1.86 veces respectivamente, al ECA (0.05 mg/L) - categoría 1-A2.

Tramo del Río Tumbes: Categoría 3 “Riego de Vegetales y Bebida de Animales”.

Los puntos 1392RTumb6 (aproximadamente a 1,5 Km aguas abajo caseta de bombeo aguas residuales "Coloma"), 1392RTumb7 (Boca Malpelo) y 1392RTumb8 (Boca Cherres), se evaluó con los valores de los Estándares de calidad ambiental para agua (ECA) en la categoría 3 "Riego de Vegetales y Bebida de Animales, obteniéndose los siguientes resultados:

Parámetros No críticos:

Los puntos de monitoreo 1392RTumb6, 1392RTumb7 y 1392RTumb8 los parámetros físicos químicos: pH, Oxígeno Disuelto, Nitratos, Aluminio, Bario, Berilio, Boro, Cadmio, Cobalto, Cobre, Litio, Mercurio, Níquel, Selenio y Zinc son menores a los valores del ECA para la categoría 3.

Parámetros críticos:

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOs): En el punto de monitoreo 1392RTumb6 es 34 m/LI, excediendo en 1.267 veces al ECA - categoría 3 (15 mg/L).

Demanda química de oxígeno (DQO): En el punto de monitoreo 1392RTumb6 es 98 mg/L, excediendo en 1.45 veces al ECA- categoría 3 (40 mg/L).

Fosfatos (PO_4), En el punto de monitoreo 1392RTumb6 la concentración es de 2,418 mg/L y excede en 1.418 veces el ECA (1 mg/L.) categoría 3. **Calcio total (Ca_{tot}):** En el punto de monitoreo 1392RTumb7 es 205 mg/L, excediendo en 0,025 veces al ECA - categoría 3 (200 mg/L.).

Magnesio total (Mg_{tot}): En el punto de monitoreo 1392RTumb7 es 472,20 mg/L, excediendo en 2,14 veces al ECA- categoría 3 (150 mg/L.).

Sodio total (Na_{tot}): En el punto de monitoreo 1392RTumb7 es 3 869,40 mg/L., excediendo en 18.35 veces al ECA- categoría 3 (200 mg/L).

Arsénico total (AS_{tot}): En los puntos de monitoreo 1392RTumb6 y 1392RTumb8 las concentraciones son 0,08 y 0,0618 mg/L. y exceden en 0.6 y 0.236 veces respectivamente al ECA para la categoría 3.

Hierro total (Fe_{tot}): En los puntos de monitoreo 1392RTumb6 y 1392RTumb8 las concentraciones son 2,4510 y 1,6559 mg/L y exceden en 1.4510 y 0.6559 veces al ECA (1 mg/L.) - categoría 3.

Manganeso total (Mn_{tot}): En los puntos de monitoreo 1392RTumb6, 1392RTumb7 y 1392RTumb8 las concentraciones son 0,2109, 3,1034 y 0,2891 mg/L y exceden en 0.0545, 14.517 y 0.4455 veces respectivamente, al ECA - categoría 3 establecido para este parámetro (0.2 mg/L).

Plomo total (Pb_{tot}), En el punto de monitoreo 1392RTumb61a concentración es de 0,1060 mg/L y excede en 1.12 veces el ECA - categoría 3 (0.05 mg/L).

Coliformes termotolerantes, En los puntos de monitoreo 1392RTumb6 y 1392RTumb8 el recuento bacteriano fue de 13 000 000 y 23 000 NMP/100mL y exceden en 12999 y 22 veces respectivamente el nivel establecido en el ECA de categoría 3 que es de 1000 NMP/100ml.

Para el río Zarumilla:

En el río Zarumilla se monitorearon 4 puntos en cada tramo dos de ellos en el primer tramo y otros 2 en el segundo tramo. Categoría 3 "Riego de Vegetales y Bebida de Animales".

Primer tramo: categoría 3 "Riego de Vegetales y Bebida de Animales".

En este tramo evaluando según Los ECAs de la categoría 3, del río Zarumilla los puntos que se monitorearon son: 13934RZaru1 (en el sector Matapalo- Hito Matapalo) y 13934RZaru2 (Bocatoma La Palma - inicio del Canal Internacional), obteniéndose los siguientes resultados:

Parámetros No críticos: pH, conductividad eléctrica, DBO₅, DQO, Nitratos, nitritos, fosfato, calcio, magnesio, sodio, aluminio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, cobalto, cobre, hierro, litio, manganeso, mercurio, níquel, plomo, selenio y zinc, además de parámetros microbiológicos como Coliformes termotolerantes arrojo concentraciones por debajo de estándar.

Parámetros No críticos: En el primer tramo no se encontraron parámetros críticos.

Segundo tramo: categoría 4 "conservación del ambiente acuático – estuarios"

En este tramo se monitorearon los siguientes puntos: 13934MCana1 (Estero Canal Internacional, en PVPF- Puerto Grau - Hito Grau, recibe las aguas que desembocan del Canal Internacional) y 13931MZaru1 (Estero Zarumilla, altura de la confluencia con estero Camarones - recibe las aguas que desembocan del río Zarumilla}, se examinaron

dieciséis (16) parámetros de los cuales dos sobre pasan los niveles del ECA- categoría 4.

Parámetros No Críticos: Los parámetros fisicoquímicos siguientes: pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, fosfatos, arsénico, bario, cadmio, cobre, mercurio, níquel, plomo y zinc; tienen niveles menores de concentración cumpliendo con los ECA para agua de la categoría 4.

En los parámetros microbiológicos se analizó para ambos puntos Coliformes termotolerantes, resultando con cantidades menores cumpliendo con el ECA para aguas (1000 NMP/100ml).

Parámetros críticos: Nitrógeno amoniacal: En los puntos de monitoreo 13934MCana1 y 13931MZaru1 con concentraciones de 0,21 mg/L excediendo en 3,2 veces el valor del ECA categoría 4 en ambos puntos de monitoreo.

Evolución de los parámetros de calidad ambiental en el período 2011 al 2013, se muestran en las siguientes figuras:

En la figura 4 se muestran los valores de nitrato obtenidos en el monitoreo realizado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el periodo 2011 al 2015 en un mismo punto de muestreo, observando que los valores fueron mayores en el año 2012.

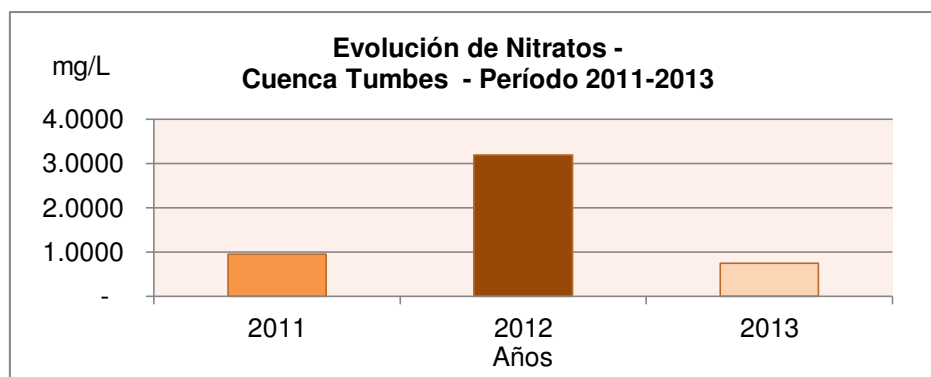


Figura 4 Evolución del Nitrato en la cuenca del río Tumbes.

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

En la Figura 5 se observa que para el fosfato en la Cuenca Tumbes para el periodo de estudio los mayores valores se encontraron el año 2013.

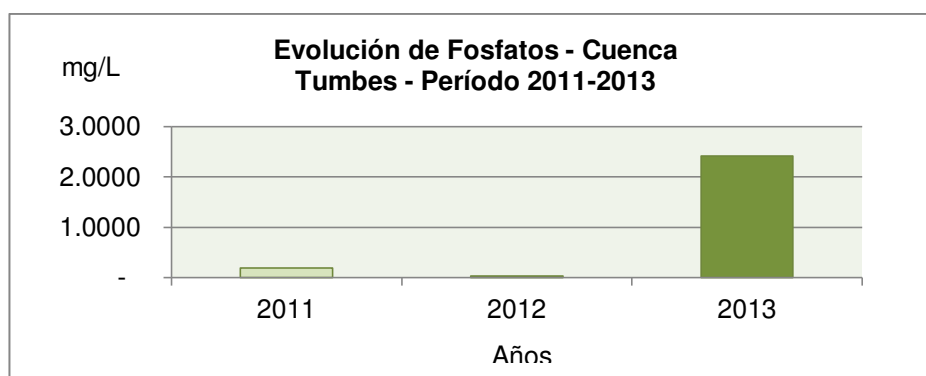


Figura 5 Evolución del Fosfato en la cuenca del río Tumbes.

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

Para el parámetro Conductividad Eléctrica se observa que reportaron un mayor valor en el año 2013, sin embargo no existe mucha diferencia con relación a los años anteriores, como se muestra en la Figura 6.

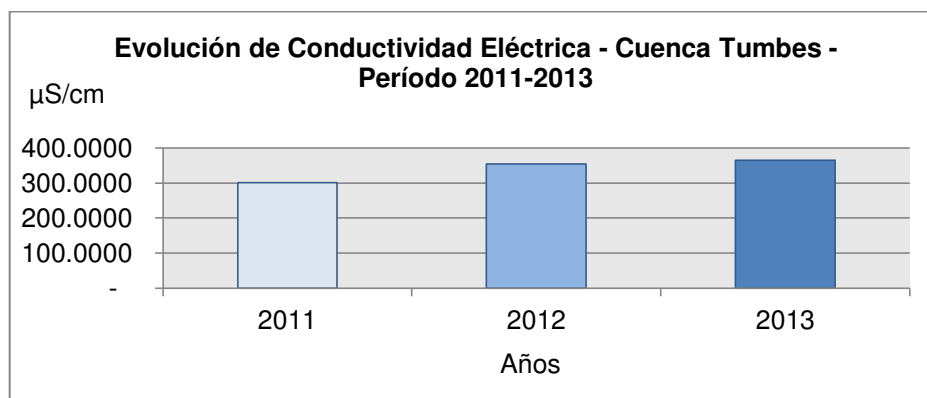


Figura 6 Evolución de la conductividad eléctrica en la cuenca del río Tumbes.

*Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).
 Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)
 Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)*

En la Figura 7 para el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), los valores más altos son los presentados en el año 2012.

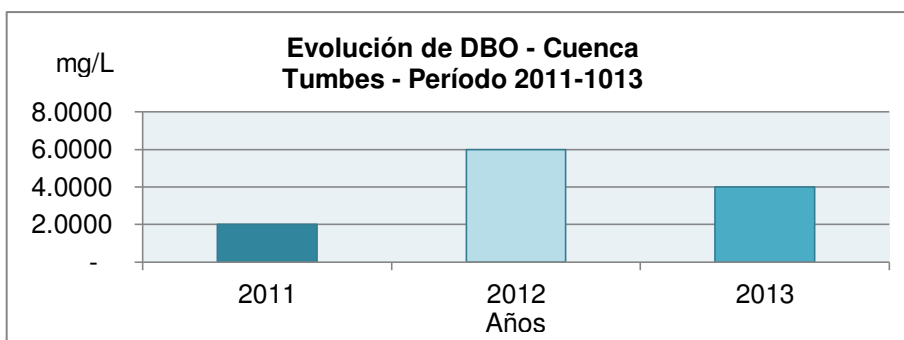


Figura 7 Evolución del DBO en la cuenca del río Tumbes.

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

Para el parámetro Coliformes termotolerantes se observa que reportaron un mayor valor en el año 2011, con relación a los años 2012 y 2013, tal como se muestra en la Figura 8.

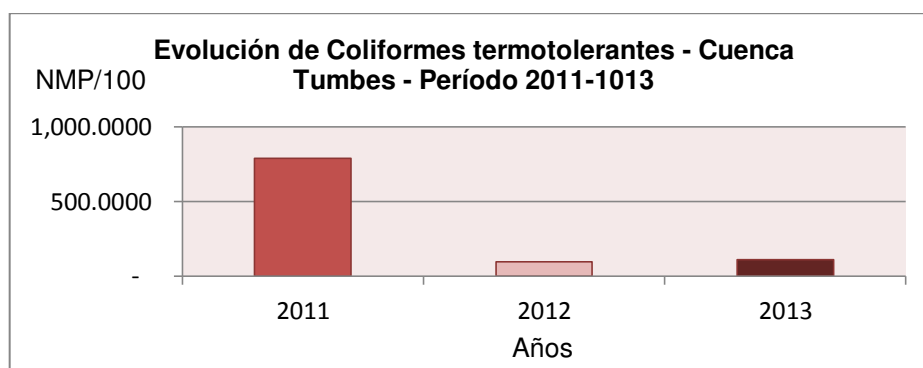


Figura 8 Evolución de Coliformes termotolerantes en la cuenca del río Tumbes

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

En la Figura 9 para el parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO), los valores más altos son los presentados en el año 2013.

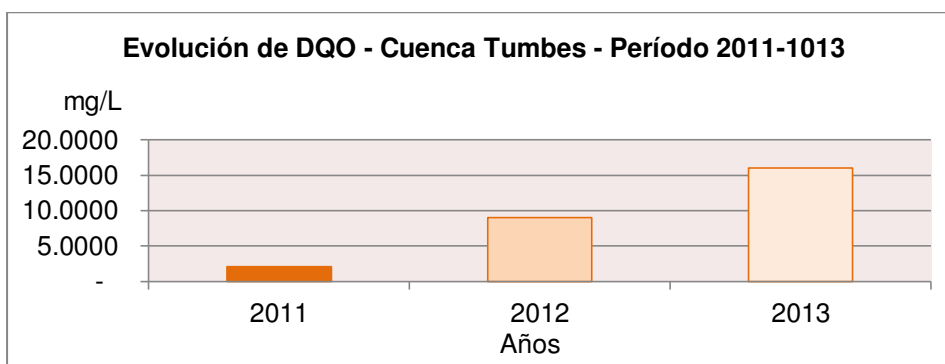


Figura 9 Evolución del DQO de la cuenca del río Tumbes

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

En la Figura 10 se observa que para el Mercurio total en la Cuenca Tumbes para el periodo de estudio los mayores valores se encontraron el año 2013.

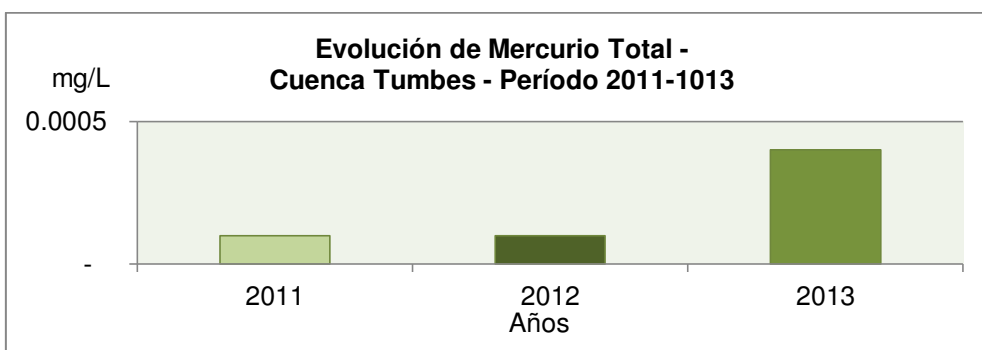


Figura 10 Evolución del Mercurio total en la cuenca del río Tumbes

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

Para el parámetro Plomo total se observa que reportaron un mayor valor en el año 2011, con relación a los años 2012 y 2013, tal como se muestra en la Figura 11.

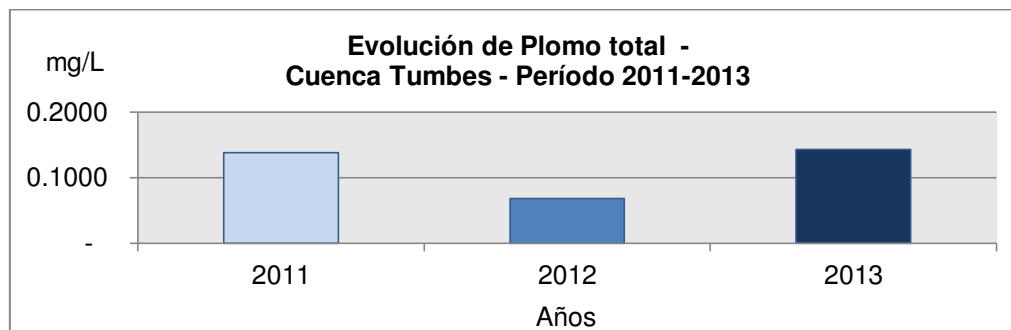


Figura 11 Evolución del Plomo total en la cuenca del río Tumbes

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

En la Figura 12 se observa que para el Arsénico total en la Cuenca Tumbes para el periodo de estudio los mayores valores se encontraron el año 2013.

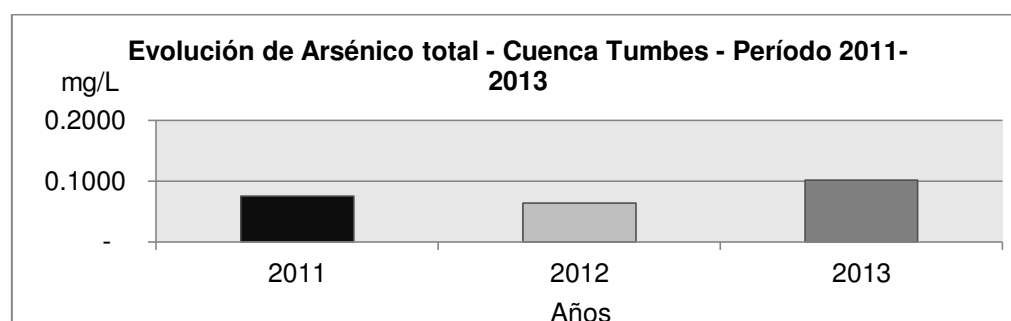


Figura 12 Evolución del Arsénico total en la cuenca del río Tumbes

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

Para el parámetro Nitratos se observa que reportaron valores más altos en el año 2012, con relación a los años 2011 y 2013, tal como se muestra en la Figura 13.

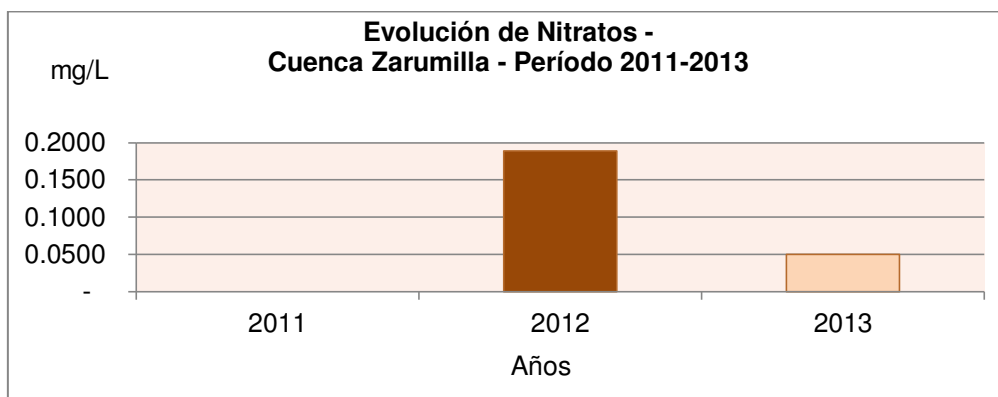


Figura 13 Evolución del Nitrato en la cuenca del río Zarumilla

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

En la Figura 14 se observa que para el Fosfatos en la Cuenca Zarumilla para el periodo de estudio los mayores valores se encontraron el año 2013.

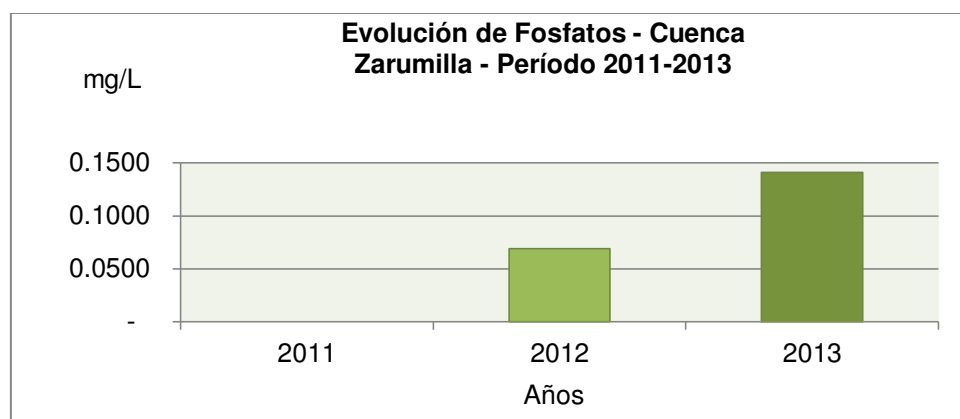


Figura 14 Evolución del Fosfato en la cuenca del río Zarumilla

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

Para el parámetro Conductividad Eléctrica se observa que reportaron un mayor valor en el año 2013, con relación al año 2012 y en el año 2011 no consideraron ensayos con el fosfato, tal como se muestra en la Figura 15.

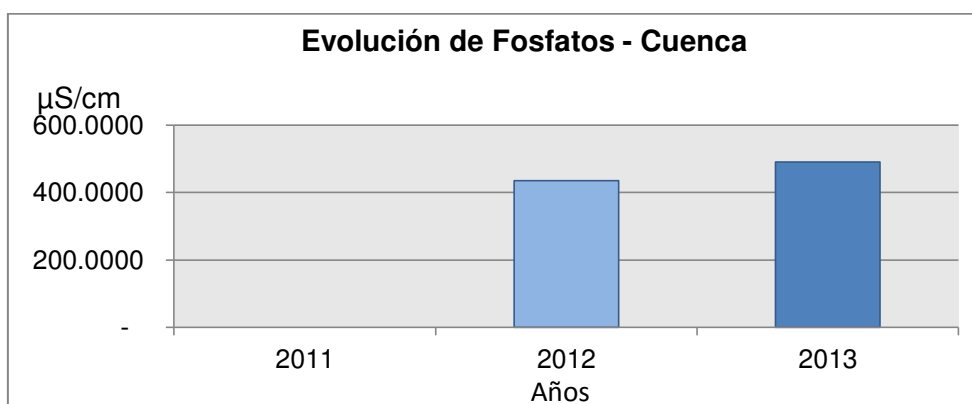


Figura 15 Evolución de la Conductividad Eléctrica en la cuenca del río Zarumilla

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

En la Figura 16 se observa que para la Demanda Bioquímica de Oxígeno Cuenca Zarumilla para el periodo de estudio los mayores valores se encontraron el año 2012.

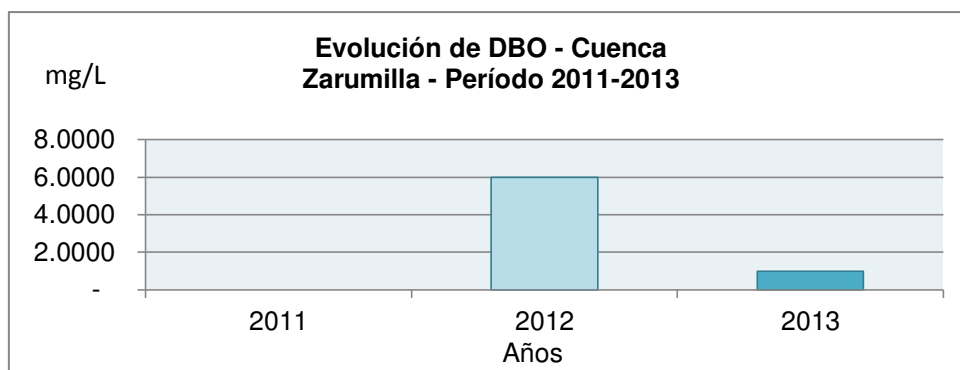


Figura 16 Evolución de la DBO en la cuenca del río Zarumilla

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

Para el parámetro Coliformes Termotolerantes se observa que reportaron un mayor valor en el año 2013, con relación al año 2012 y en el año 2011 no consideraron ensayos con el fosfato, tal como se muestra en la Figura 17.

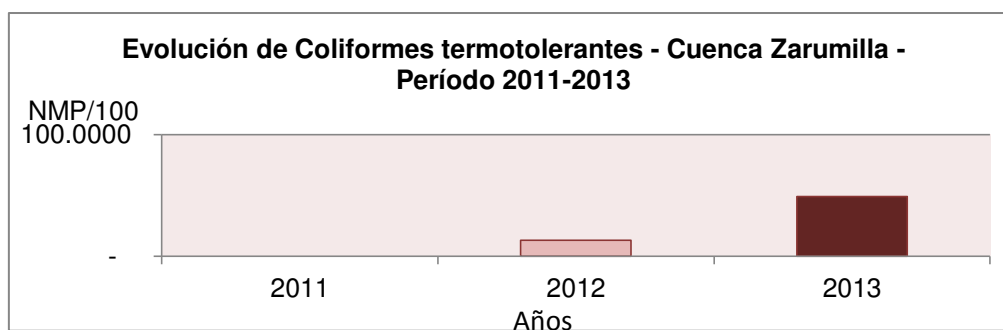


Figura 17 Evolución del Coliformes termotolerantes en la cuenca del río Zarumilla

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

En la Figura 18 se observa que la Demanda Química de Oxígeno en la Cuenca Zarumilla para el periodo de estudio, los mayores valores se encontraron el año 2013.

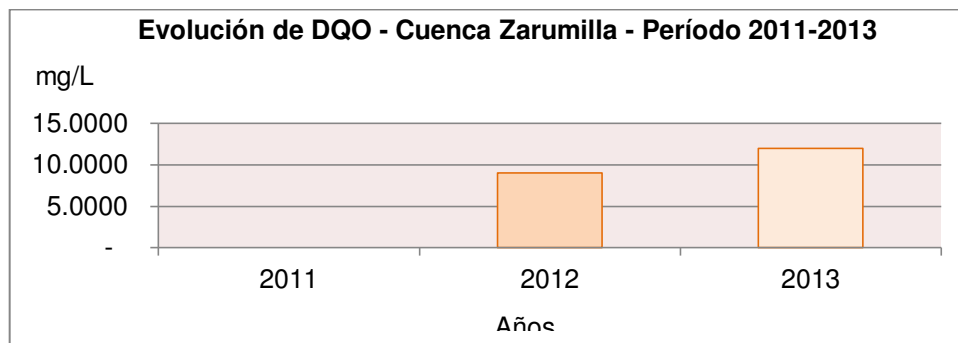


Figura 18 Evolución de la DQO en la cuenca del río Zarumilla

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

Para el parámetro Mercurio Total se observa que reportaron los valores más altos en los años 2012 y 2013, en el año 2011 no consideraron ensayos con el fosfato, tal como se muestra en la Figura 19.

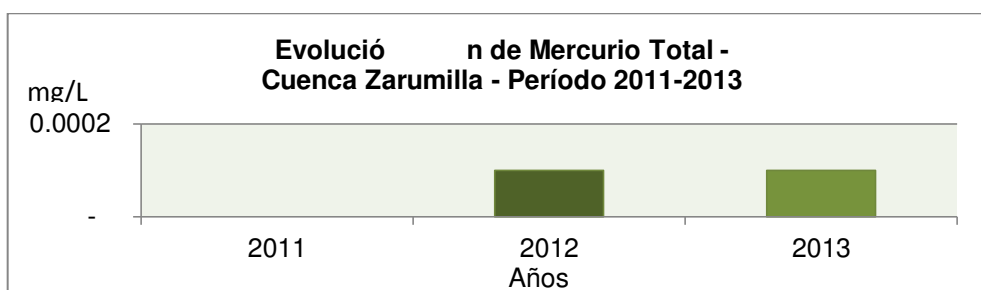


Figura 19 Evolución del Mercurio total en la cuenca del río Zarumilla

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012)

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013)

En la Figura 20 se observa que para el parámetro plomo total en la Cuenca Zarumilla para el periodo de estudio, los mayores valores se encontraron el año 2012.

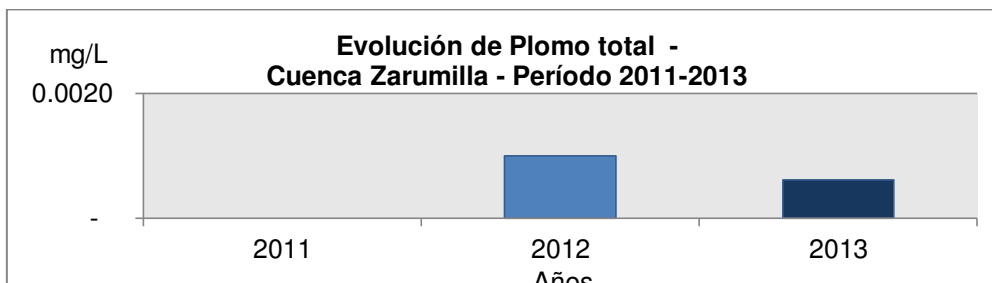


Figura 20 Evolución del Plomo total en la cuenca del río Zarumilla

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012).

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013).

Para el parámetro Arsénico total se observa que reportaron un mayor valor en el año 2012, con relación al año 2013 y en el año 2011 no consideraron ensayos con el fosfato, tal como se muestra en la Figura 21.

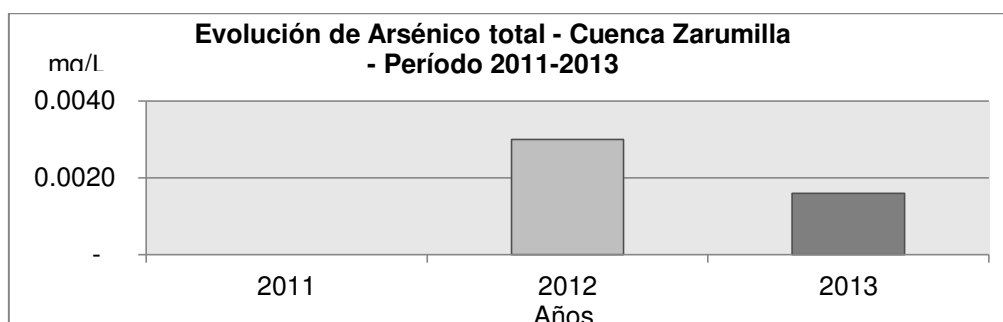


Figura 21 Evolución del Arsénico total en la cuenca del río Zarumilla

Fuente. Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA. (Julio del 2011).

Tercer monitoreo Participativo de la calidad de agua superficial, ANA (Octubre 2012).

Tercer Monitoreo Participativo de la calidad de las aguas de las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla - Lado Peruano. (Agosto de 2013).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es Relacional, un estudio correlacional ya que mide la relación entre 2 o más variables (se conoce cómo se comporta una variable a través del comportamiento de otras).

El nivel de investigación es Analítico - Retrospectivo, ya que Plantea y pone a prueba hipótesis explicativas (finalidad cognoscitiva), el análisis estadístico es por lo menos bivalente, teniendo como nivel más básico la asociación entre factores (propósito estadístico); los datos (secundarios) son recogidos de bases de datos, u otro tipo de registro en los cuales el investigador no ha participado, ocasionando que no se pueda dar fe de la exactitud de las mediciones.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es el Diseño Transversal.

3.2 Unidad de análisis

Los distritos de la provincia de Tumbes (lado Peruano de la cuenca del río Puyango-Tumbes); comprende los distritos de Tumbes y Zarumilla.

3.3 Población de estudio

Las áreas se evaluarán en las Provincias de Tumbes, Región Tumbes e incluyen:

La parte peruana de la cuenca del río Tumbes forma parte de los distritos de Tumbes, San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital, San Jacinto, La Cruz y Corrales de la provincia y departamento de Tumbes.

Comparativamente con la cuenca Zarumilla en los distritos de Matapalo, Papayal y Aguas verdes; ambos distritos forman parte de la provincia de Tumbes.

3.4 Tamaño de muestra

La muestra comprende 03 Informes de monitoreo de calidad de agua superficial y 01 informe de tratamiento de aguas residuales, los resultados de monitoreos de calidad de agua superficial obtenidos los últimos 5 años (2010 – 2015) de los Programas de gestión de las aguas superficiales y los Reportes sobre la calidad de las aguas de la cuenca Puyango Tumbes emitidas por la Autoridad Nacional del agua (ANA).

3.5 Selección de muestra

Los informes recopilados para el presente trabajo corresponden a los emitidos de la evaluación de resultados de cada uno de los monitoreos de aguas superficiales realizados:

- INFORME TÉCNICO N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP, Primer Monitoreo participativo organizado por la ANA-Perú, en Julio del 2011
- INFORME TÉCNICO N° 017-2012-ANA-PMGRH-CP TUMBES-MRSP, Tercer monitoreo Participativo de la calidad del agua superficial en las cuencas de los ríos Tumbes y Zarumilla lado peruano", octubre 2012.

- INFORME TÉCNICO N° 032-2013-ANA-PMGRH-CP TUMBES-MRSP – Agosto 2013.
- INFORME TÉCNICO N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP
- Plan de Identificación de Fuentes Contaminantes en la Cuenca Puyango Tumbes, julio 2011.

Los mismos que fueron seleccionados de manera no aleatoria, ya que fueron seleccionados previo análisis del contenido de información, veracidad de los datos contenidos en cada informe de Monitoreo, además debían estar dentro del plazo establecido para la toma de datos.

3.6 Recolección de Información

La información secundaria fue recolectada, por medio de análisis de documentos (Informes y reportes emitidos por las autoridades ambientales dentro del área de estudio.

3.7 Análisis e interpretación de la información

Como marco metodológico se utilizó el modelo de Presión – Estado – Respuesta (P-E-R) al abordar la calidad ambiental que mediante el modelo P-E-R, hemos considerado dos tipos de calidad ambiental una “calidad” de tipo ecocéntrico y otra de tipo “antropocéntrico”. Desde el punto de vista ecocéntrico se considera que la calidad ambiental es proporcional al grado de naturalidad del área que se analiza; esto es, cuanto menor sea el grado de modificación de las características naturales del medio mayor será su calidad. La óptica antropocéntrica incluye la consideración de las principales funciones que el medio físico desempeña en relación con los seres humanos fuente de recursos, sumidero de residuos, soporte de actividades

y proveedor de servicios. [SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment, 1995)]. Se entiende como *grado de naturalidad* de una región, la ausencia de modificaciones introducidas por el hombre, se puede concebir el papel del medio físico como *fuentes* de diversos recursos, como *sumidero* de distintos tipos de residuos generados por las actividades humanas y como *soporte* de dichas actividades. Alcaide F., Gutiérrez D., Valdés G. (2001).

El modelo de Presión – Estado – Respuesta (P-E.R) contempla las siguientes fases:

- **Fase1:** Selección del conjunto de indicadores, según el modelo descrito.
- **Fase 2:** Segunda fase consistente en asignar a cada uno de los indicadores seleccionados un valor mínimo y otro máximo, para ello se recurrirá a la consulta de diversas fuentes (reportes de Monitoreo de Calidad de aguas superficiales, incluidas normas nacionales e internacionales, estadísticas municipal y nacional y trabajos de diversa índole relacionados con la temática de gestión ambiental del agua).
- **Fase 3:** Consistió en la medición de cada uno de los indicadores, que incluye información obtenida a partir de resultados de análisis de laboratorios, cartografía de elementos del medio natural, etc.
- **Fase 4:** El siguiente paso consistirá en el cálculo según la expresión concebida en cada indicador.

La etapa de normalizar los datos de los indicadores ambientales seleccionados corresponde con la valoración de cada uno de los indicadores (que no son expresados en %) en una escala nominal de 0 a 100 donde 0 corresponde a la peor situación posible con respecto al

indicador en cuestión y 100 a la mejor situación posible con respecto al indicador analizado.

La expresión que utilizamos para la normalización de los indicadores es:

$$Vn = (Vmax - Vcal) / (Vmax - Vmin) \times 100$$

Siendo:

Vn	: valor normalizado;
Vmax	: valor máximo en la zona de estudio;
Vmin	: valor mínimo en la zona de estudio;
Vcal	: valor calculado.

El paso siguiente consiste en el cálculo de los índices de presión, estado y respuesta, para cada una de las tres funciones citadas, se utiliza la expresión:

$$IFp = \Sigma Vi \div n$$

Siendo:

IFp	= índice de presión sobre la fuente;
Vi	= valores normalizados de los indicadores de presión;
n	= número total de indicadores presión.

Fuente: Alcaide F., Gutiérrez D., Valdés G. (2001)

De forma similar se procede para el cálculo de índices de estado y de respuesta, tanto para naturalidad como para las funciones fuente, sumidero, soporte-servicios.

Los índices de presión, estado y respuesta se integran en índices de cada una de las funciones:

$$IF = (IFp + IFe + IFr) \div 3$$

Siendo:

IF el Índice de la función fuente;
 IFp el índice de presión sobre la fuente,
 IFe el índice de estado sobre la fuente,
 IFr el índice de respuesta sobre la fuente.

Procediéndose igualmente para cada una de las funciones abordadas:

IS: índice de la función sumidero de residuos,
 ISS: índice de la función soporte - servicio.

Finalmente pasamos a calcular el índice de calidad ambiental (EQI), que se obtiene por medio de la expresión:

$$EQI = IF + IS + ISS \div 3$$

Donde:

IF = Índice de fuente de recursos;
 IS = Índice de sumidero de residuos
 ISS = Índice de soporte/servicios.

Fuente: Alcaide F., Gutiérrez D., Valdés G. (2001).

La interpretación del valor final del índice de calidad ambiental, que esta expresado en una escala cuyo valor máximo es cien y el mínimo cero, correspondiendo los valores más altos a la situación ambiental más positiva. Alcaide F., Gutiérrez D., Valdés G. (2001).

Para ello hemos realizado una clasificación dividida en 5 clases:

- Clase 1: valores del 1 al 19 (calidad ambiental baja).
- Clase 2: valores del 20 a 39 (calidad ambiental moderadamente baja).
- Clase 3: valores entre 40 y 59 (calidad ambiental media o intermedia).
- Clase 4: valores entre 60 y 79 (calidad ambiental moderadamente alta).
- Clase 5: valores entre 80 y 100 (calidad ambiental alta).

CAPITULO 4

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

Como unidad de análisis para este estudio se tomaron los distritos correspondientes a la parte peruana de la cuenca del río Tumbes, los cuales son: el distrito de Tumbes, San Juan de la Virgen, Pampas de Hospital, San Jacinto, La Cruz y Corrales y en la cuenca Zarumilla los distritos de Matapalo, Papayal y Aguas verdes; de la provincia y departamento de Tumbes.

Según el análisis de correlación de Pearson para la cuenca Tumbes, los valores obtenidos al medir la relación entre las variables en estudio y el caudal de descarga, en su mayoría son débil negativa y poco significativa.

En la cuenca Tumbes según el coeficiente de determinación, existe poca relación entre las variables y el caudal de descarga. Ver Figuras 22-47;

- Para las variables DBO, mercurio total y Nitratos la correlación de Pearson, el valor es moderado negativo y poco significativo, la relación entre las variables y el caudal de descarga es escasa.
- Dentro de todos los parámetros los valores que presentan mayor relación con el caudal de descarga, el plomo con un valor 0.846 y el arsénico total con un valor de 0.883, con valores moderado positivo y moderadamente significativo.

En la cuenca Zarumilla la mayoría de valores son Débil Positivos; Ver Figuras 48-70;

- Para los parámetros DBO, DQO y Mercurio no se pudieron determinar los valores puesto que los valores son idénticos.
- La relación entre los coliformes termotolerantes y el caudal de descarga es moderada positiva.
- La relación entre el arsénico total y el caudal de descarga es cero, por lo cual existe relación o la relación entre ambas variables es nula.

El índice de presión sobre la fuente para el río Tumbes presenta un valor de 90.93, el cual es mayor los obtenidos en los índices de estado y de respuesta, lo que significa que existen diversos factores que ejercen acción negativa sobre la cuenca Tumbes.

En la función sumidero el índice de respuesta es el más alto con un valor de 61.29, mientras que el índice de presión es menor y el valor del índice de estado es -94.76. Estos valores indican que existe acción por parte de las autoridades y gestores de la cuenca lo cual es congruente con el índice de estado el mismo que registra un valor negativo por las condiciones actuales de contaminación en la cuenca del río Tumbes.

En la función soporte el índice de respuesta presenta el valor más alto (70.96), siendo menor el índice de presión y el valor más bajo es el índice de estado con 24.37, estos índices muestran que existe acción por parte de las autoridades en la gestión de localidad del agua en la cuenca Tumbes.

La función soporte de servicios en la cuenca Tumbes presenta el valor más alto con 40.80, que la función fuente y la función sumidero, lo cual

indica que el área está siendo actualmente empleada para diversas actividades antrópicas principalmente la agricultura.

El índice de calidad ambiental EQI para la cuenca Tumbes es de 22.97, un valor moderadamente bajo.

El índice de estado sobre la fuente de recursos para el río Zarumilla presenta un valor de 89.78, el cual es mayor a los obtenidos para los índices de presión y de respuesta, por lo que las condiciones ambientales referente a localidad del agua es bastante favorable y el índice de respuesta es el más bajo con un valor de 33.33, lo cual refleja la escasa participaciones en la gestión de la calidad del agua en este sector de la cuenca durante el periodo de evaluación de los datos para el presente estudio.

En la función sumidero el índice de estado es el más alto con un valor de 91.93, mientras que el índice de presión es menor con 33.33 por lo que en la cuenca Zarumilla se viene realizando actividades de tipo pecuarias en la zona de evaluación.

En la función soporte el índice de respuesta presenta el valor más alto 68.46 y el más bajo es el índice de presión con 46.02, lo mismo que en el párrafo anterior la cuenca Zarumilla se encuentra en mejores condiciones en comparación con la cuenca Tumbes

La función soporte de servicios presente el valor más alto con 69.60, que la función fuente y la función sumidero, lo cual indica que en la cuenca Zarumilla se viene realizando actividades de tipo pecuarias.

El índice de calidad ambiental EQI para la cuenca Zarumilla es de 61.51, un valor moderadamente alto.

La cuenca Tumbes tiene un índice de Calidad Ambiental (EQI) de 22.97 y la cuenca Zarumilla tiene un EQI de 61.51.

Los resultados obtenidos confirman la información inicial dado que las aguas residuales domésticas del distrito de Tumbes son canalizadas por la empresa ATUSA, las que son descargadas directamente por la margen derecha del río Tumbes, a través de una tubería de concreto de 24" de diámetro aproximadamente.

El agua de la descarga es utilizada para riego de cultivos de ciclo corto (camote, maíz, yuca, entre otros). Asimismo se observó presencia de residuos sólidos, viviendas y animales. En las localidades colindantes a la cuenca Zarumilla todas sus aguas son tratadas antes de la descarga al río. (Plan Maestro Optimizado de la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Aguas de Tumbes s.a. para el periodo 2010 – 2039).

Los resultados se muestran en las Cuadros 11-30 y en las Figuras 71-78.

4.2 Pruebas de hipótesis

Las pruebas estadísticas solo demuestran dependencia entre diferentes eventos; aquí podemos encontrar los estudios de asociación sin relación de dependencia; y las correlaciones espurias. Para el análisis estadístico en el presente estudio se emplearon el Coeficiente de Correlación de Pearson y el de Regresión Lineal. Empleando para ello el Programa Minitab 16 y el Microsoft Excel 2010.

La correlación estadística es medida por lo que se denomina coeficiente de correlación (r). Su valor numérico varía de 1,0 a -1,0. Nos indica la fuerza de la relación.

Propiedades del coeficiente de correlación (Orellana, Liliana 2008)

- r mide la fuerza de la asociación LINEAL entre las variables X e Y.
- $-1 \leq r \leq 1$
- $r = 0$ implica que no hay relación lineal
- $r = \pm 1$ cuando todos los puntos caen sobre la recta
- r tiene el mismo signo que la pendiente
- Mientras mayor el valor absoluto de r mayor la fuerza de la asociación

Otra prueba estadística considerada en el presente estudio es la regresión Lineal calculando el Coeficiente de Determinación R^2 que representa la proporción de variación explicada por la regresión; mide el grado de asociación lineal entre las variables X e Y. (Peña, Daniel 2002).

$$R^2 = 0 \leq R^2 \leq 1$$

Si $R^2 = 0 \Rightarrow$ El modelo no explica nada de Y a partir de X.

Si $R^2 = 1 \Rightarrow$ Ajuste perfecto: Y depende funcionalmente de X.

Otro valor que muestra esta prueba estadística es el “*p-value*” o llamado también “*valor P*” o simplemente Valor de la prueba, el cual se puede usar para llegar a una decisión. Un “*p-value*” cercano a 0, digamos menor que 0.05, lleva a la conclusión de rechazar la hipótesis nula.

El valor ***p*** es un valor de probabilidad, por lo que oscila entre 0 y 1. Así, se suele decir que valores altos de ***p*** **NO RECHAZAN** la hipótesis nula o, dicho de otra forma, no permiten rechazar la H_0 . De igual manera, valores bajos de ***p*** rechazan la H_0 .

Si se rechaza la hipótesis nula quiere decir que de alguna manera la variable X es importante para predecir el valor de Y usando la regresión lineal. En cambio si no se rechaza la hipótesis nula se llega a la conclusión de que, la variable X no es importante para predecir el comportamiento de Y usando una regresión lineal.

Es importante recalcar que un contraste de hipótesis nula no permite aceptar una hipótesis; simplemente la rechaza o no la rechaza, es decir que la tacha de verosímil (lo que no significa obligatoriamente que sea cierta, simplemente que es más probable de serlo) o inverosímil.

4.2.1. Análisis Estadístico para la Cuenca Tumbes

- Correlación Conductividad, Caudal de descarga

Datos:

CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S/cm}$)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
143.5	200
165.3	4
178.8	4
185.8	0
238.3	50
1054	50

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson de la Conductividad y el Caudal de descarga es NEGATIVA -0.046 y el Valor P es 0.932, esto se debe a que la relación entre las variables es DEBIL NEGATIVA, y POCO SIGNIFICATIVA; por lo que no se rechaza la Hipótesis nula H_0 por lo que el caudal de descarga no permite predecir el comportamiento de la conductividad eléctrica, tal como se muestra en la Figura 22.

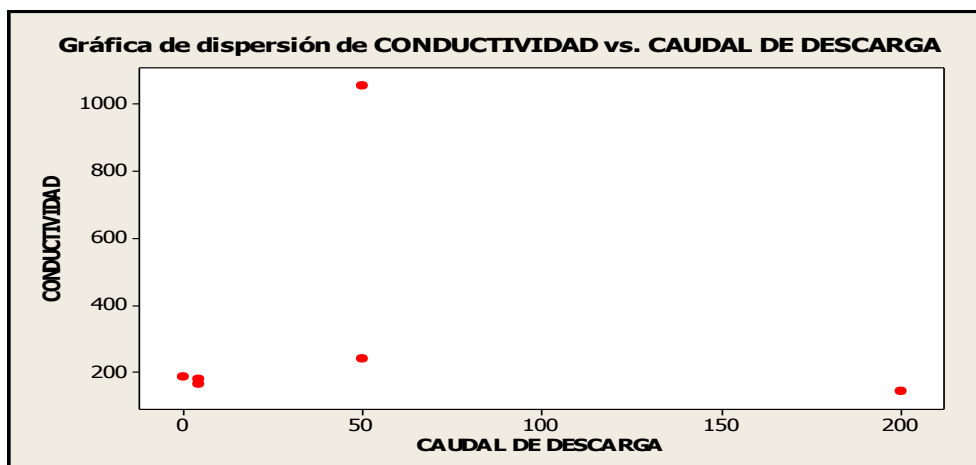


Figura 22 Dispersión de Conductividad vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes

Análisis de regresión: Conductividad vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{CONDUCTIVIDAD} = 339 - 0.21 \text{ CAUDAL DE DESCARGA}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	338.5	202.2	1.67	0.169
CAUDAL DE DESCARGA	-0.213	2.334	-0.09	0.932

S = 398.996 R-cuad. = 0.2% R-cuad. (Ajustado) = 0.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	1322	1322	0.01	0.932
Error residual	4	636793	159198		
Total	5	638114			

El Coeficiente de determinación es 0.2%, lo que indica que el método es poco aplicable para verificar la relación entre fosfatos y el Caudal

de descarga siendo el modelo cúbico el más aplicable con un valor R^2 de 47.9%. Como se muestra en las Figuras 23, 24 y 25.

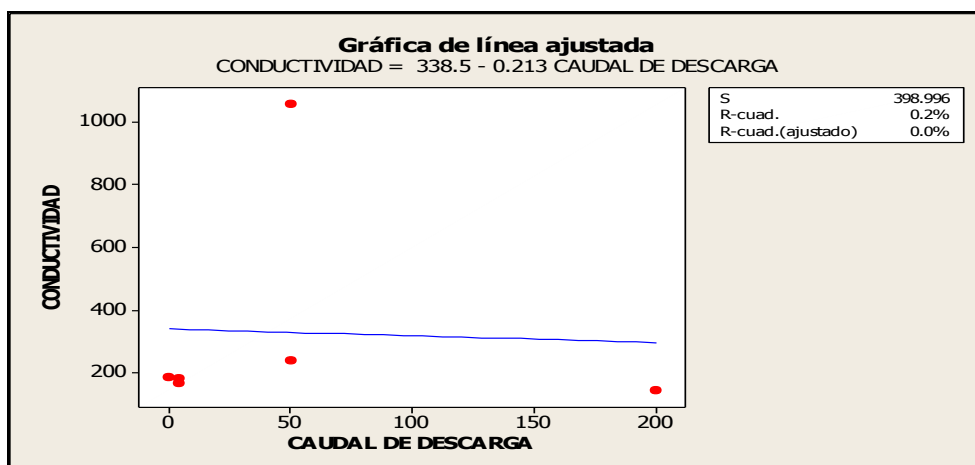


Figura 23 Línea ajustada Conductividad vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes

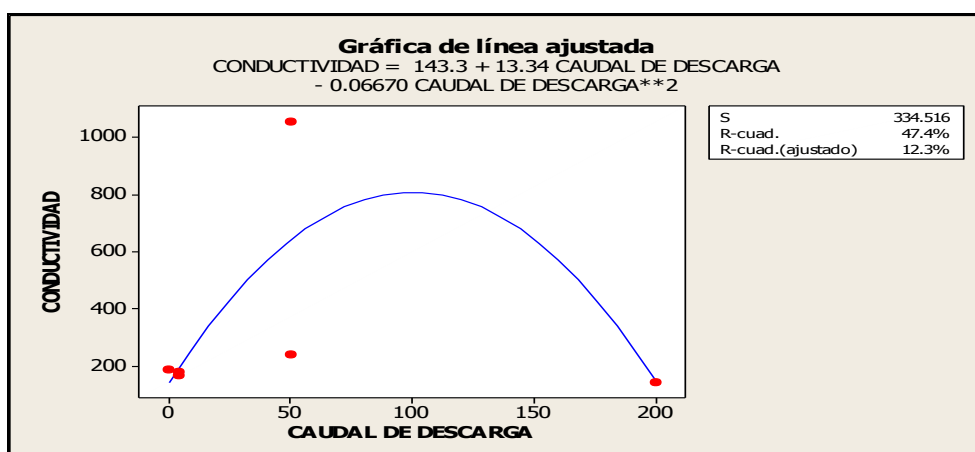


Figura 24 Línea ajustada Conductividad vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Tumbes

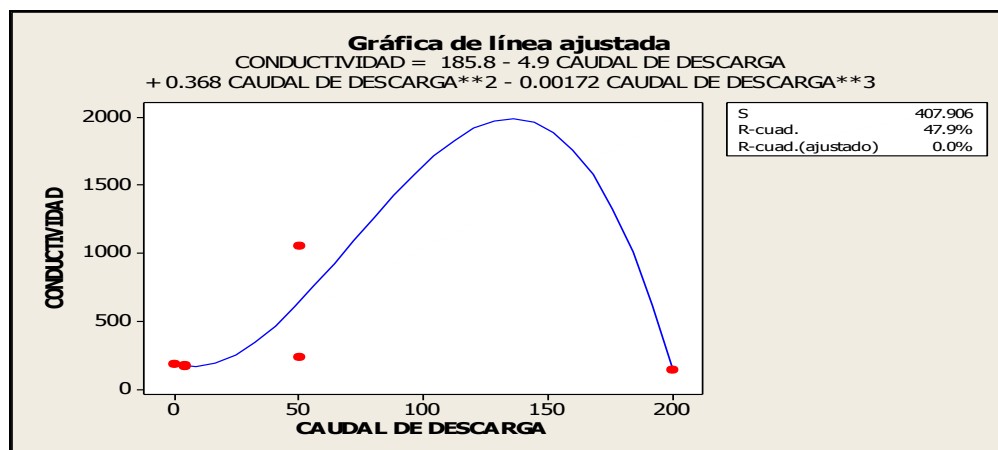


Figura 25 Línea ajustada Conductividad vs. Caudal de descarga según modelo Cúbico, cuenca Tumbes

- **Correlación Nitratos, Caudal de descarga**

Datos:

NITRATOS (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
1.01	0
0.93	20
0.91	20
0.83	21
0.71	22
0.97	23
1.01	0

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
 Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson del Nitrato y el Caudal de descarga es -0.631 y Valor P es igual a 0.129; por lo que la relación entre las variables es MODERADA NEGATIVA, MODERADAMENTE SIGNIFICATIVA, por lo cual se rechaza la hipótesis nula por lo que la variable caudal de descarga influye en el comportamiento de los nitratos, Tal como se muestra en la Figura 26.

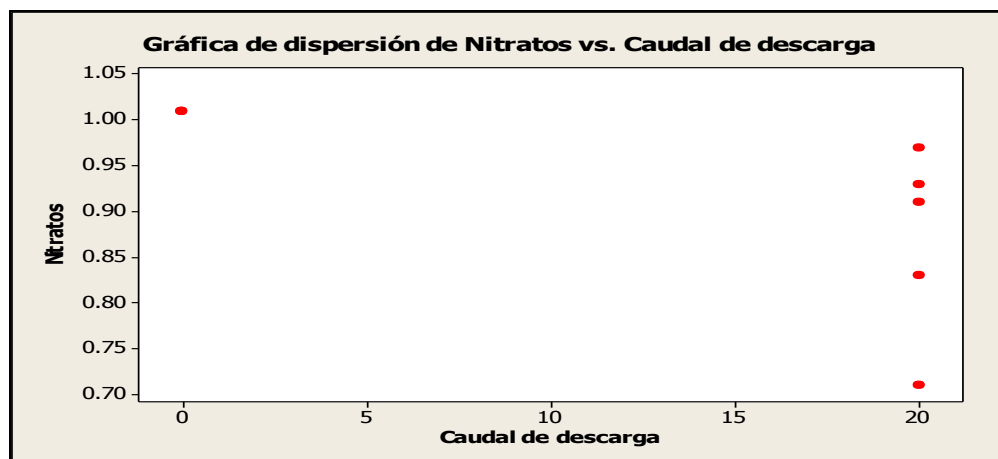


Figura 26 Dispersión de Nitratos vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes

Análisis de regresión: Nitratos vs. Caudal de

La ecuación de regresión es:

$$\text{Nitratos} = 1.01 - 0.00700 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	1.01000	0.06512	15.51	0.000
Caudal de descarga	-0.007000	0.003852	-1.82	0.129

S = 0.0920869 R-cuad. = 39.8% R-cuad.(ajustado) = 27.7%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.028000	0.028000	3.30	0.129
Error residual	5	0.042400	0.008480		
Total	6	0.070400			

El Coeficiente de determinación es 39.8% lo que indica que el modelo es poco aplicable para explicar la relación entre las variables lo mismo que se observa en la Figura 27.

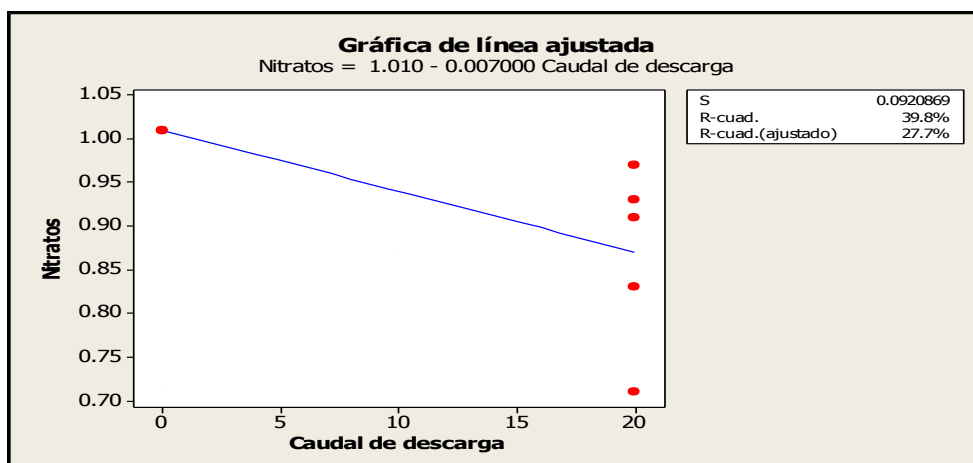


Figura 27 Línea ajustada Nitratos vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes

- **Correlación Caudal de descarga, Fosfatos**

Datos:

FOSFATOS (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
0.4	20
0.261	21
0.214	22
0.178	23
0.152	24
0.236	25

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
 Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson del Caudal de descarga y Fosfatos es igual a 0.408 y el Valor P es de 0.421. La relación entre ambas variables es DEBIL POSITIVA, POCO SIGNIFICATIVA, la variable dependiente aumenta en función a la variable independiente, se rechaza la Hipótesis nula por lo que la variable caudal de descarga es útil para predecir el comportamiento de la concentración de Fosfatos. (Ver Figura 28).

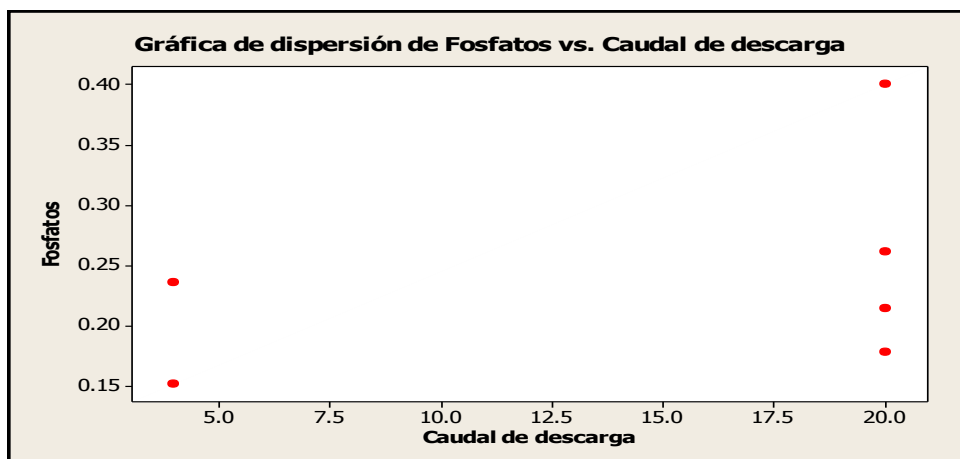


Figura 28 Dispersión de Fosfatos vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes

Análisis de regresión: Fosfatos vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{Fosfatos} = 0.177 + 0.00433 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.17669	0.07975	2.22	0.091
Caudal de descarga	0.004328	0.004836	0.90	0.421

S = 0.0893403 R-cuad. = 16.7% R-cuad.(ajustado) = 0.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.006394	0.006394	0.80	0.421
Error residual	4	0.031927	0.007982		
Total	5	0.03832			

El Coeficiente de determinación es 16.7%, entonces el modelo lineal no explica en su totalidad la relación entre las variables Fosfato y el caudal de descarga, como se muestra en la Figura 29.

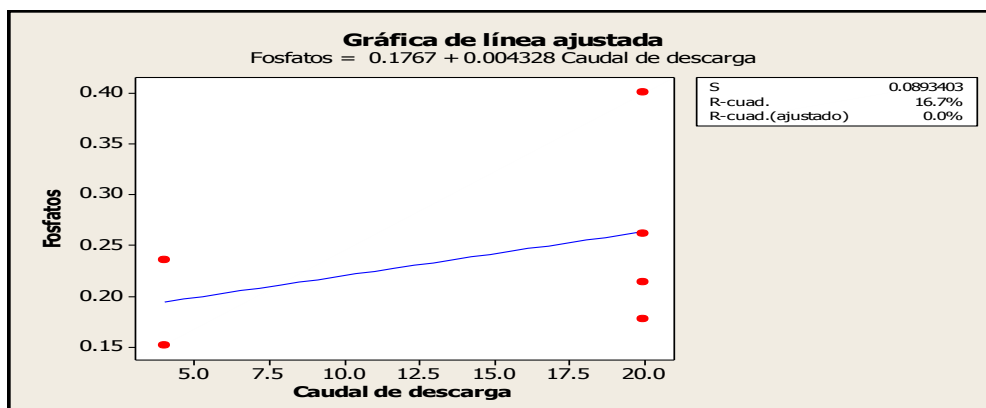


Figura 29 Línea ajustada Fosfatos vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes

- **Correlación Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Caudal de descarga**

Datos:

DBO (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
2.0	200
2.6	4
2.2	4
2.0	0
2.0	50
2.0	50

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson de DBO y el Caudal de descarga es igual a -0.409 y el Valor P igual a 0.421 , la relación entre las variables es MODERADA POSITIVA, POCO SIGNIFICATIVA; se rechaza la Hipótesis nula por lo que la variable caudal de descarga es útil para predecir el comportamiento de la DBO. Como se muestra en la Figura 30:

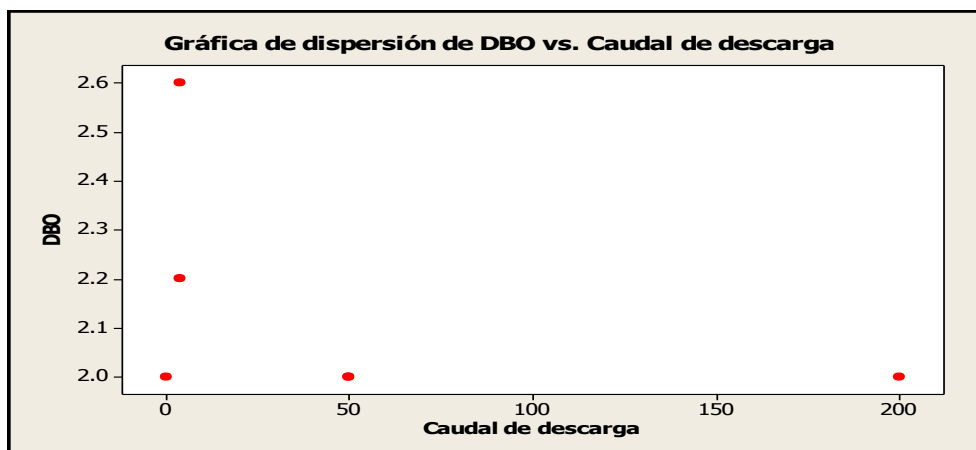


Figura 30 Dispersión de DBO vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes

Análisis de regresión: DBO vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es

$$\text{DBO} = 2.20 - 0.00130 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	2.1999	0.1252	17.57	0.000
Caudal de descarga	-0.001296	0.001446	-0.90	0.421

S = 0.247115 R-cuad. = 16.7% R-cuad. (Ajustado) = 0.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.04907	0.04907	0.80	0.421
Error residual	4	0.24426	0.06107		
Total	5	0.29333			

El Coeficiente de determinación es 16.7%, grado de asociación lineal entre x e y es poca tal como se muestra en la Figura 31. El modelo que explica mejor la relación entre las variables es el modelo Cubico con un valor de R^2 de 72.7%, tal como se muestra en las Figuras 32 y 33.

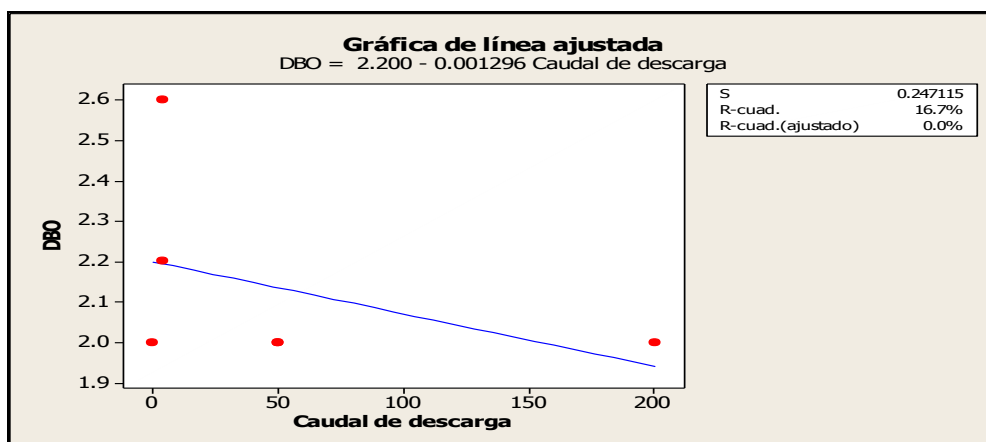


Figura 31 Línea ajustada DBO vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes

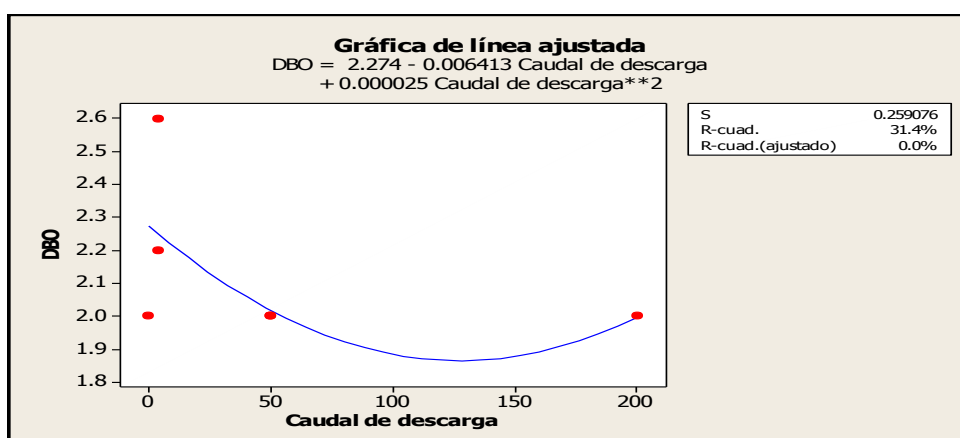


Figura 32 Línea ajustada DBO vs. Caudal de descarga según modelo cuadrático, cuenca Tumbes

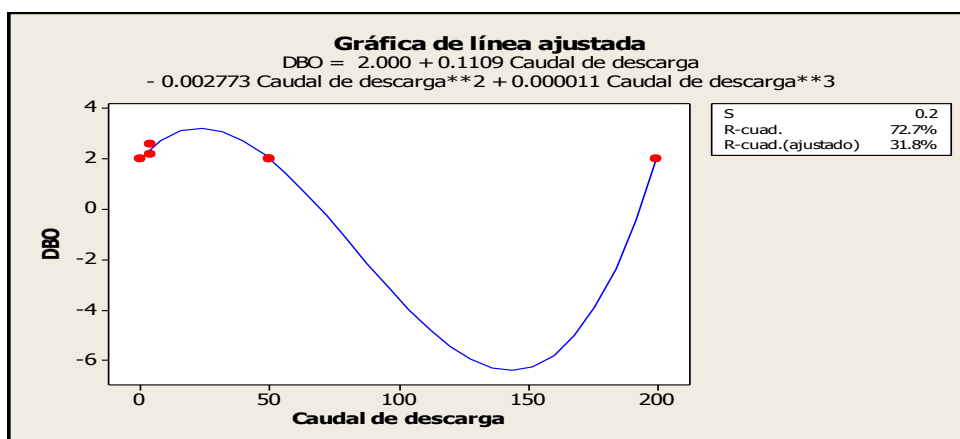


Figura 33 Línea ajustada DBO vs. Caudal de descarga según modelo Cúbico, cuenca Tumbes

- **Correlación Demanda Química de Oxígeno (DQO), Caudal de descarga**

Datos:

DQO (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
11.5	200
19.8	4
3	4
2.1	0
2	50
2.1	50

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson de DQO y el Caudal de descarga es de 0.183 y el Valor P es igual a 0.728, lo que se debe a que la relación entre las variables LEVE POSITIVA, POCO SIGNIFICATIVA, no se rechaza la hipótesis nula por lo que la variable caudal de descarga no predice el comportamiento de la variable DQO, como se muestra en la siguiente Figura:

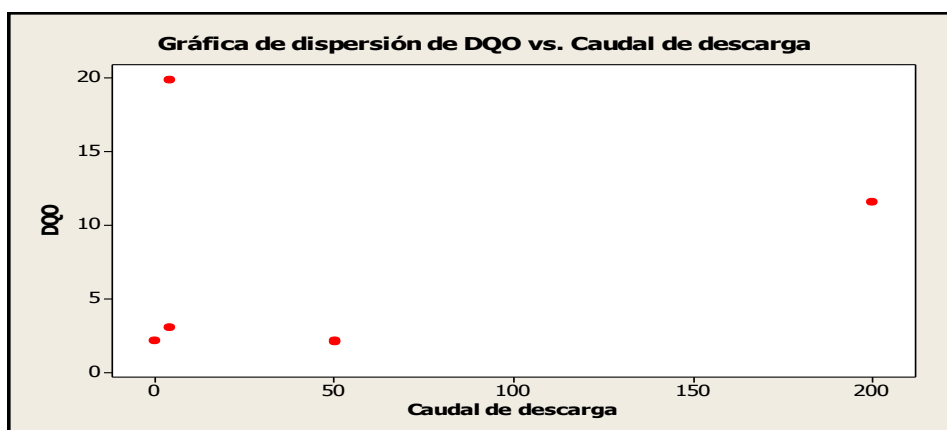


Figura 34 Dispersión de DQO vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes

Análisis de regresión: DQO vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{DQO} = 5.84 + 0.0177 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	5.841	4.114	1.42	0.229
Caudal de descarga	0.01770	0.04749	0.37	0.728

S = 8.11759 R-cuad. = 3.4% R-cuad. (Ajustado) = 0.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	9.15	9.15	0.14	0.728
Error residual	4	263.58	65.90		
Total	5	272.73			

El Coeficiente de determinación es 3.4%, por lo que la asociación entre las variables es poca como se muestra en la Figura 35, siendo el modelo Cúbico el mejor para explicar la relación con un R^2 es igual a 48.3%; como se muestra en las Figuras 36 y 37.

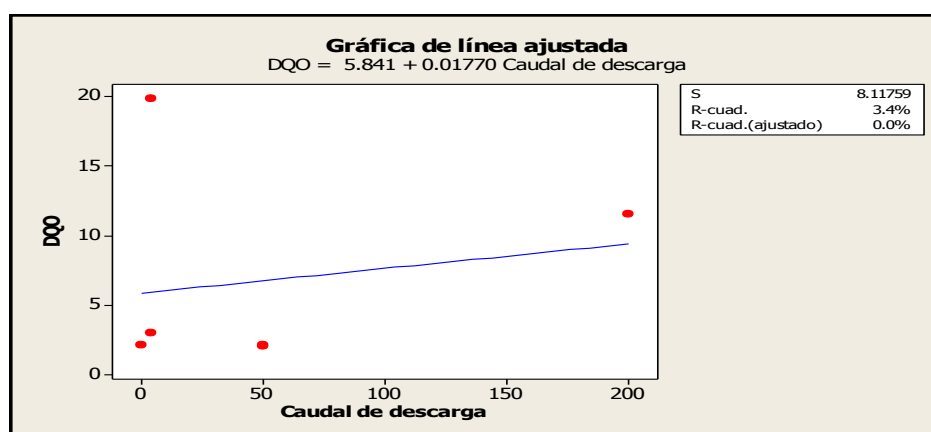


Figura 35 Línea ajustada DQO vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes

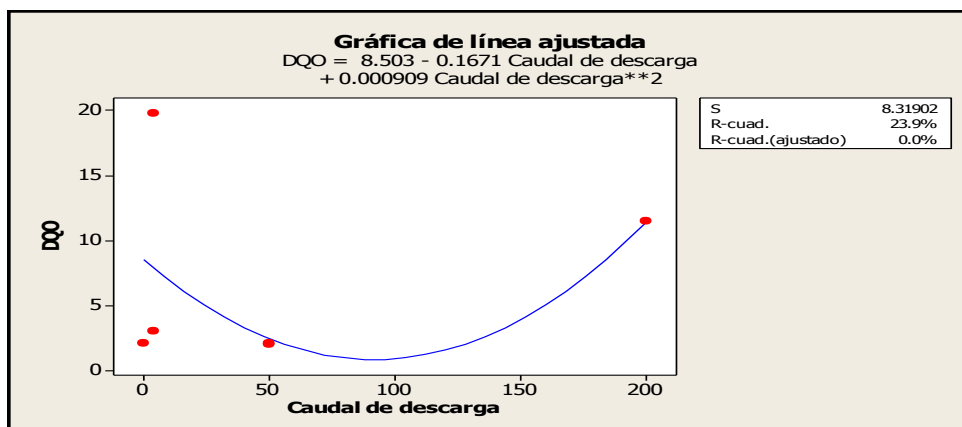


Figura 36 Línea ajustada DQO vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Tumbes

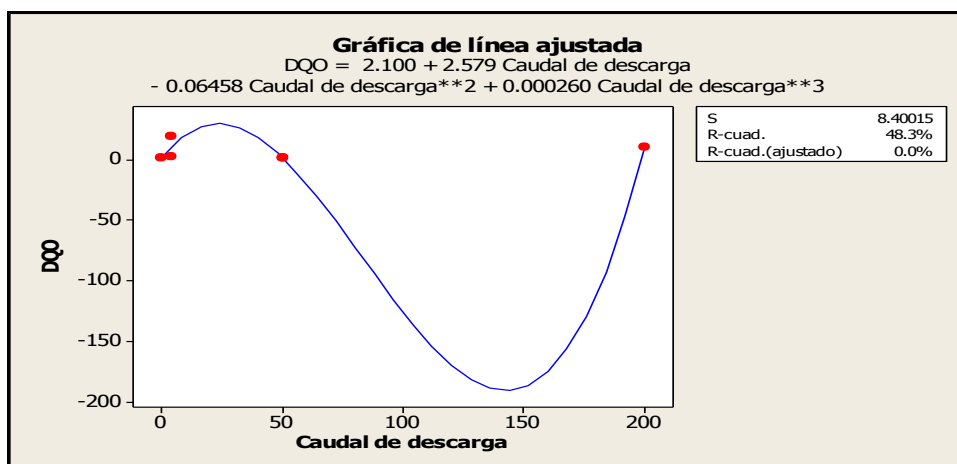


Figura 37 Línea ajustada DQO vs. Caudal de descarga según el modelo Cúbico, cuenca Tumbes, cuenca Tumbes

- **Correlación Mercurio total, Caudal de descarga**

Datos:

MERCURIO TOTAL (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
0.0001	200
0.0004	4
0.0001	4
0.0001	0
0.0001	50
0.0001	50

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
 Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson de Mercurio total y Caudal de descarga es -0.303 y el Valor de P es igual a 0.559 , lo que se debe a que la relación entre las variables es DEBIL NEGATIVA y POCO SIGNIFICATIVA, no se rechaza la hipótesis nula por lo que la variable caudal de descarga no es importante para predecir el comportamiento de mercurio total, tal como se muestra en la Figura 38.

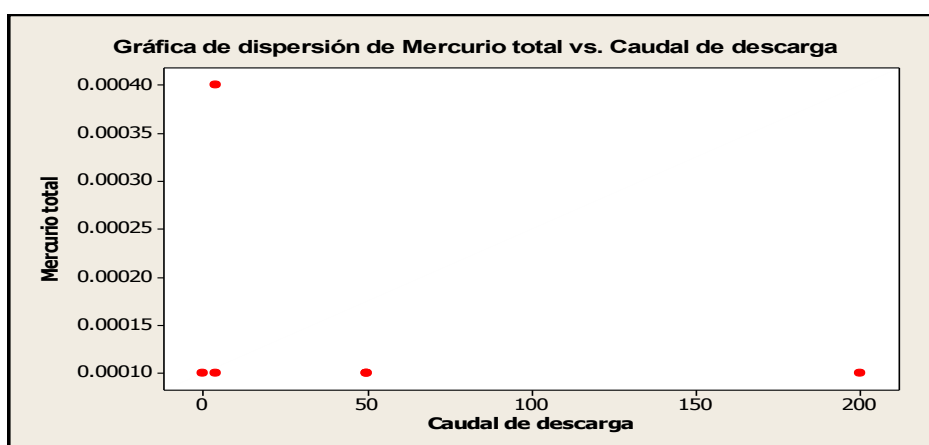


Figura 38 Dispersión de Mercurio total vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes

Análisis de regresión: Mercurio total vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{Mercurio total} = 0.000175 - 0.000000 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.00017495	0.00006613	2.65	0.057
Caudal de descarga	-0.00000049	0.00000076	-0.64	0.559

$$S = 0.000130479 \quad R\text{-cuad.} = 9.2\% \quad R\text{-cuad. (Ajustado)} = 0.0\%$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.0000000	0.0000000	0.41	0.559
Error	4	0.0000001	0.0000000		
Total	5	0.0000001			

El Coeficiente de determinación es 3.4%, la asociación entre las variables es poco como se muestra en la Figura 39, siendo el modelo cúbico el que explica mejor la relación entre las variables el modelo cúbico con un valor de R^2 igual a 40.0%; como se muestra en las Figuras 40 y 41.

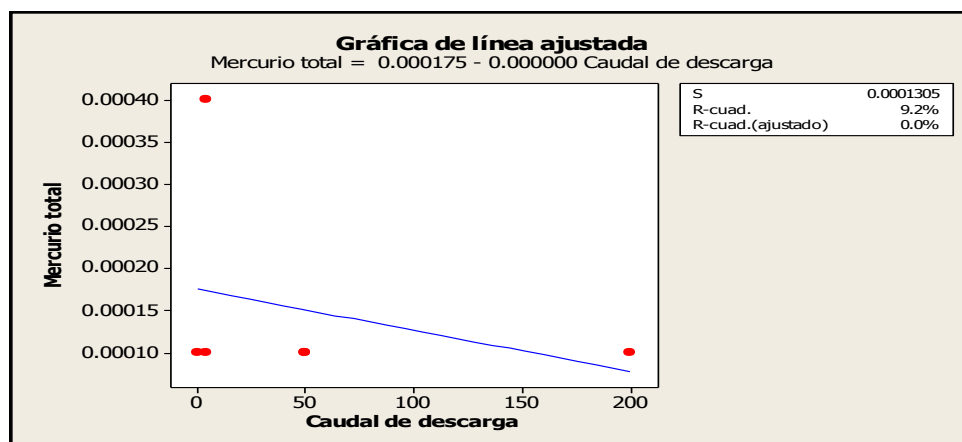


Figura 39 Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes

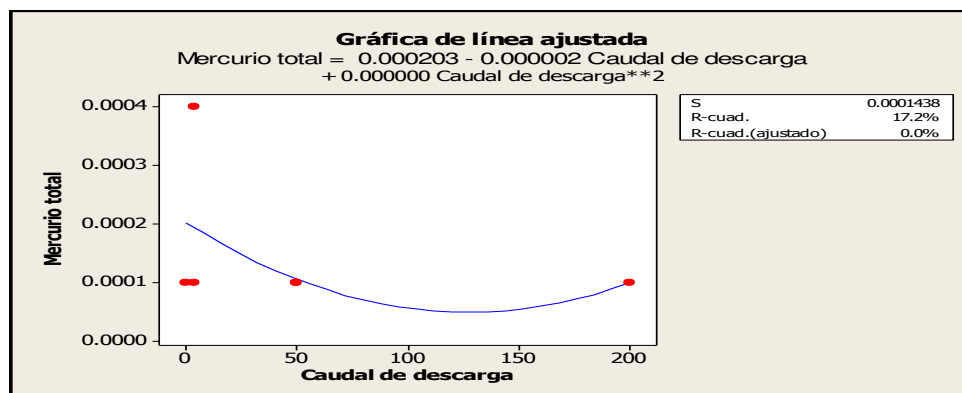


Figura 40 Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Tumbes

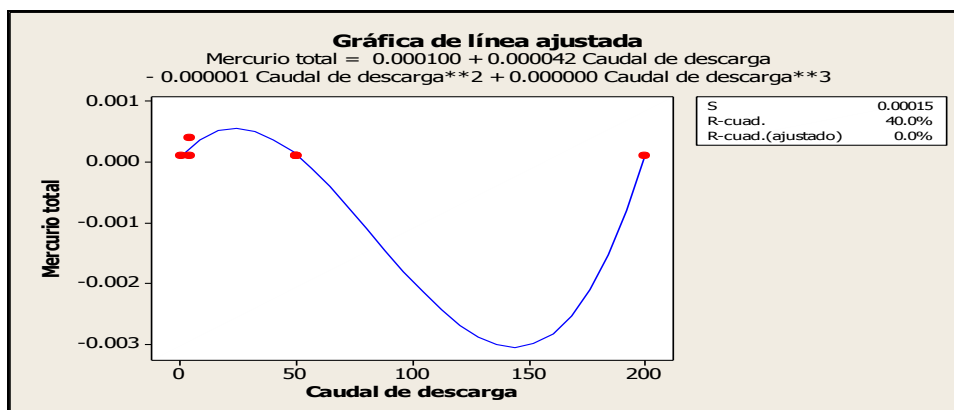


Figura 41 Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Cúbico, cuenca Tumbes

- **Correlación Plomo, Caudal de descarga**

Datos:

PLOMO (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
0.2949	20
0.283	20
0.2312	20
0.1871	20
0.1203	4
0.1384	4

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson de Plomo y Caudal de descarga es 0.846 y el Valor P es igual a 0.034, la relación entre las variables es MODERADA POSITIVA y MODERADAMENTE SIGNIFICATIVO, se rechaza la hipótesis nula por lo que los valores del caudal de descarga influyen en el comportamiento de la concentración del plomo, como se muestra en la Figura 42.

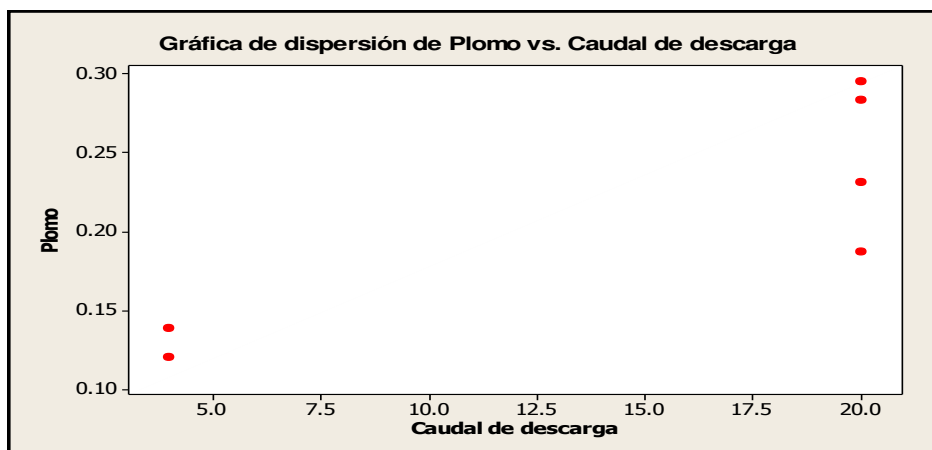


Figura 42 Dispersión de Plomo vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes

Análisis de regresión: Plomo vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es

$$\text{Plomo} = 0.0994 + 0.00748 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.09943	0.03885	2.56	0.063
Caudal de descarga	0.007481	0.002355	3.18	0.034

S = 0.0435174 R-cuad. = 71.6% R-cuad. (Ajustado) = 64.5%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.019104	0.019104	10.09	0.034
Error residual	4	0.007575	0.001894		
Total	5	0.026679			

El Coeficiente de determinación es 71.6%, lo que indica que la relación entre las variables explicado por el modelo Lineal es moderado, como se muestra en la siguiente Figura:

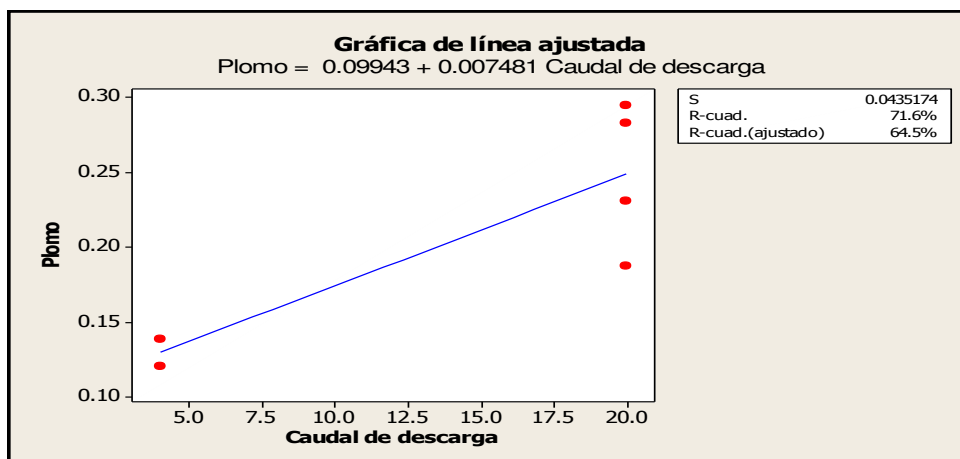


Figura 43 Línea ajustada Plomo total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal

- Correlación Arsénico total, Caudal de descarga

Datos:

ARSÉNICO TOTAL (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
0.1538	20
0.1392	20
0.1126	20
0.1186	20
0.0793	4
0.0753	4

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson de Arsénico total y el Caudal de descarga es iguala a 0.883 y el Valor P es igual a 0.020, lo que se debe a que la relación entre las variables es MODERADA POSITIVA y de SIGNIFICANCIA MODERADO, se rechaza la hipótesis nula, la variable Caudal de descarga permite predecir el comportamiento del arsénico total; tal como se muestra en la Figura 44.

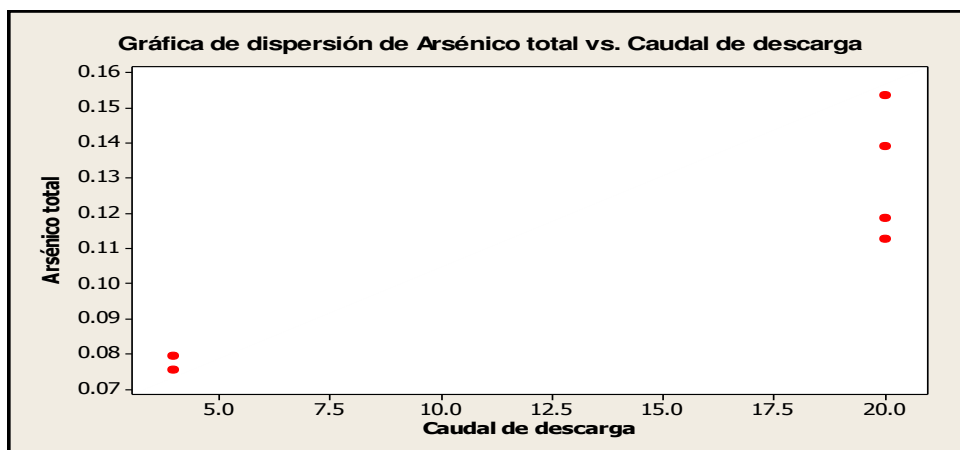


Figura 44 Dispersión de Arsénico total vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes

Análisis de regresión: Arsénico total vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es

$$\text{Arsénico total} = 0.0639 + 0.00336 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.06386	0.01472	4.34	0.012
Caudal de descarga	0.0033594	0.0008924	3.76	0.020

S = 0.0164878 R-cuad. = 78.0% R-cuad. (Ajustado) = 72.5%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.0038521	0.0038521	14.17	0.020
Error residual	4	0.0010874	0.0002718		
Total	5	0.0049395			

El Coeficiente de determinación es 78.0%, lo que indica que la relación entre las variables explicado por el modelo Lineal es moderado, el modelo lineal explica en un 78% la relación entre las variables, como se muestra en la Figura 45.

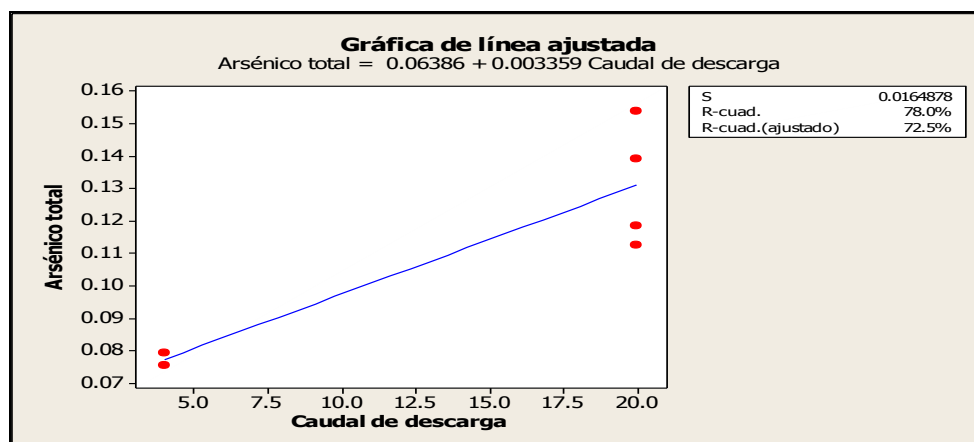


Figura 45 Línea ajustada Arsénico total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes

- **Correlación Coliformes termotolerantes, Caudal de descarga**

Datos:

COLIFORMES TERMOTOLERANTES (NMP/100ml)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
2300	20
79	20
49	20
220	20
23	4
790	4

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
 Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson de Coliformes termotolerantes y el Caudal de descarga es 0.148 y Valor P es igual a 0.780, la relación entre las variables es DÉBIL POSITIVA y POCO SIGNIFICATIVA, no se rechaza la hipótesis nula, por lo que la variable caudal de descarga no es importante para predecir el comportamiento de la concentración de los coliformes termotolerantes; ver Figuras 46 y 47.

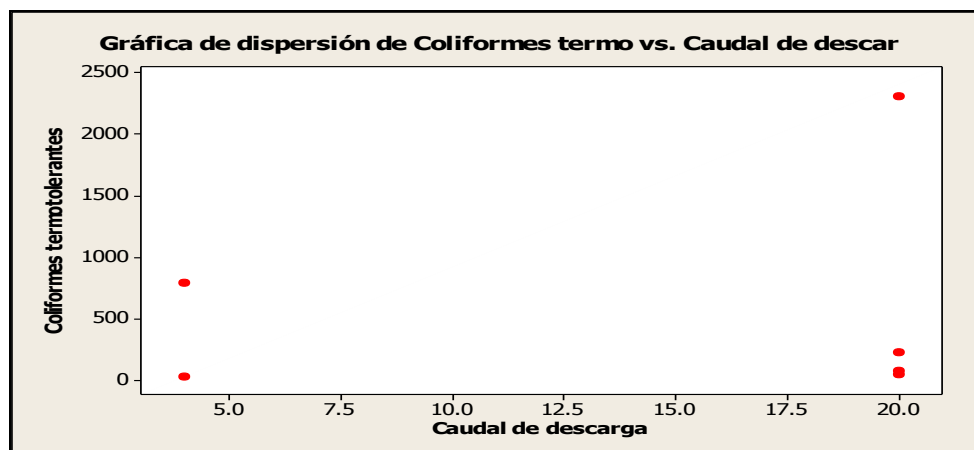


Figura 46 Dispersión de Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga, cuenca Tumbes

Análisis de regresión: Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{Coliformes termotolerantes} = 343 + 16.0 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	342.6	880.1	0.39	0.717
Caudal de descarga	15.97	53.36	0.30	0.780

S = 985.927 R-cuad. = 2.2% R-cuad. (Ajustado) = 0.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	87040	87040	0.09	0.780
Error residual	4	3888210	972053		
Total	5	3975251			

Coefficiente de determinación: 2.2%, lo que indica que la asociación entre las variables es escasa, el modelo lineal explica la relación entre las variables en un 2.2%, como se muestra en la Figura 47.

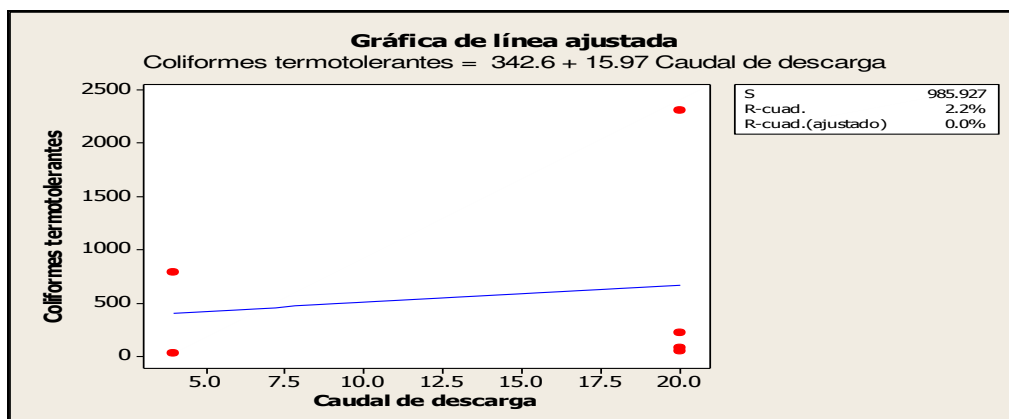


Figura 47 Línea ajustada Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Tumbes

4.2.2. Análisis Estadístico Cuenca Zarumilla – Lado Peruano

- Correlación Caudal de descarga, conductividad

Datos:

CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
13.2	5
8.5	5
9.6	0

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson del Caudal de descarga y la conductividad es igual a 0.294 y el Valor P es de 0.810. Lo que indica una relación POSITIVA DEBIL, POCO SIGNIFICATIVA, no se rechaza la hipótesis nula por lo cual los valores de la variable caudal de descarga no es

relevante para predecir el comportamiento de la conductividad, se muestra en la Figura N° 48:

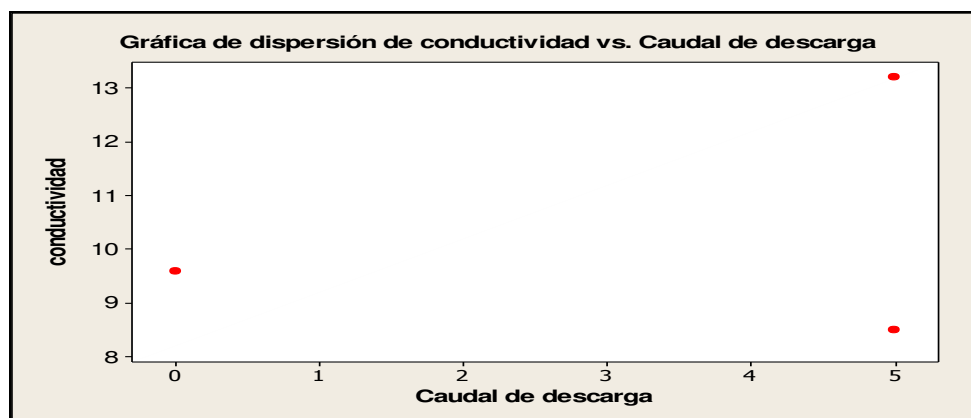


Figura 48 Dispersión de conductividad eléctrica vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla

Análisis de regresión: conductividad vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{Conductividad} = 9.60 + 0.250 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	9.600	3.323	2.89	0.212
Caudal de descarga	0.2500	0.8141	0.31	0.810

S = 3.32340 R-cuad. = 8.6% R-cuad. (Ajustado) = 0.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	1.04	1.04	0.09	0.810
Error residual	1	11.04	11.04		
Total	2	12.09			

El Coeficiente de determinación es de 8.6%, la explicación sobre la asociación entre las variables que expresa en modelo lineal es de 8.6%, como se muestra en la siguiente Figura:

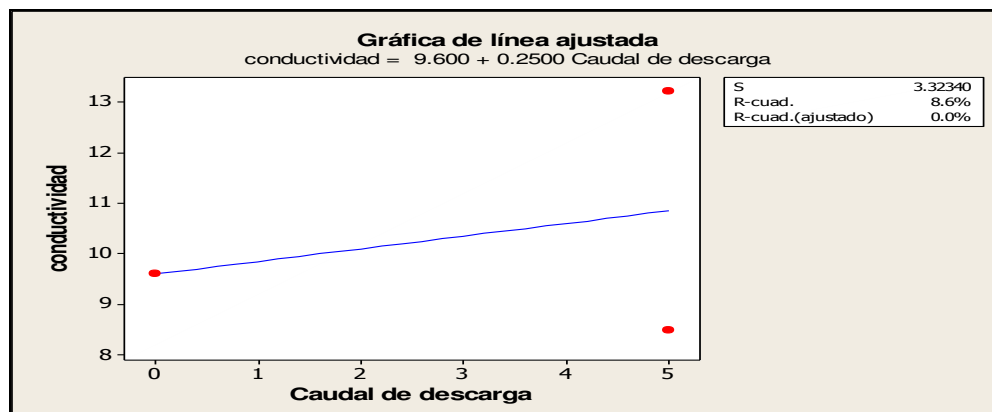


Figura 49 Línea ajustada conductividad eléctrica vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla

- **Correlación Caudal de descarga, DBO**

Datos:

CAUDAL DE DESCARGA (L/s)	(DBO mg/L)
5	6
5	6
5	6
0	6
10	6

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

No se puede establecer el grado de relación entre las variables DBO y el caudal de descarga ya que todos los valores de la columna son idénticos.

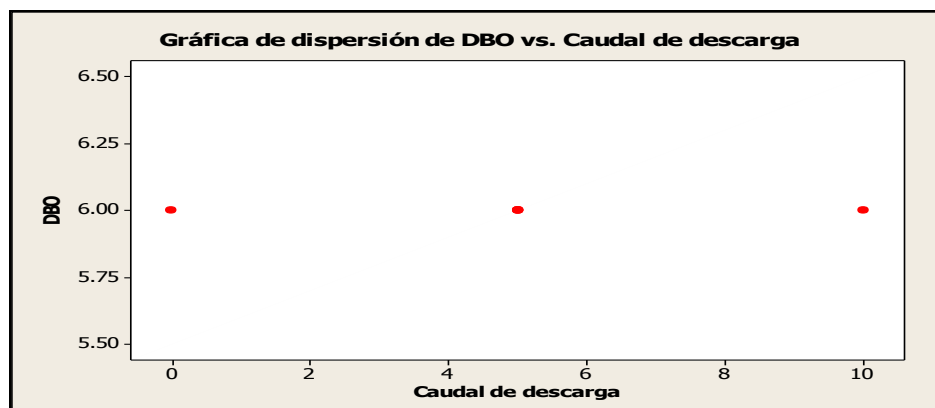


Figura 50 Dispersión de DBO vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla

Análisis de regresión: DBO vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{DBO} = 6.00 + 0.000000 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	6.00000	0.00000	*	*
Caudal de descarga	0.00000000	0.00000000	*	*

S = 0 R-cuad. = *% R-cuad. (Ajustado) = *%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.000000000	0.000000000	*	*
Error residual	3	0.000000000	0.000000000		
Total	4	0.000000000			

No se pudo determinar el Coeficiente de determinación ya que no existe relación entre las variables Demanda Bioquímica de oxígeno y el caudal de descarga.

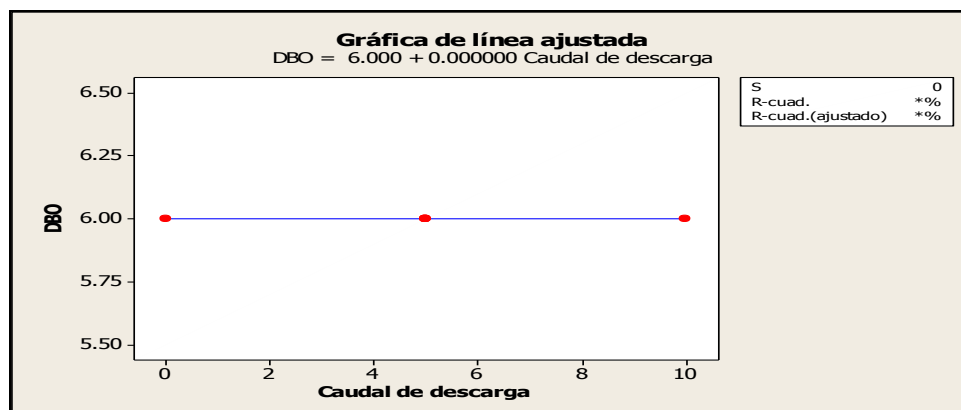


Figura 51 Línea ajustada DBO vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla

- **Correlación Nitratos, Caudal de descarga**

Datos:

NITRATOS (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
0.062	5
0.062	5
0.189	5
1.155	0
0.787	10

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson de Nitratos y Caudal de descarga es -0.263 y el Valor P es igual a 0.669 , por lo que existe una relación DEBIL NEGATIVA ENTRE LAS VARIABLES, POCO SIGNIFICATIVO, no se rechaza la hipótesis nula por lo cual la variable caudal de descarga no influye en el comportamiento de la variable nitratos; como se muestra en la siguiente Figura:

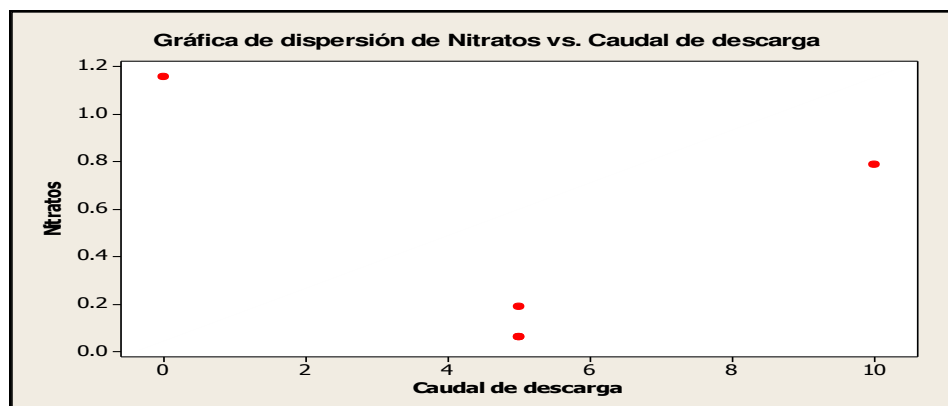


Figura 52 Dispersión de Nitratos vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla

Análisis de regresión: Nitratos vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{Nitratos} = 0.635 - 0.0368 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.6350	0.4613	1.38	0.262
Caudal de descarga	-0.03680	0.07798	-0.47	0.669

S = 0.551388 R-cuad. = 6.9% R-cuad. (Ajustado) = 0.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.0677	0.0677	0.22	0.669
Error residual	3	0.9121	0.3040		
Total	4	0.979			

El Coeficiente de determinación es 6.9%, el modelo explica la relación entre las variables en un 6.9%, siendo el modelo cuadrático mejor para explicar la relación con un R^2 de 98.9%, como se muestra en las siguientes Figuras:

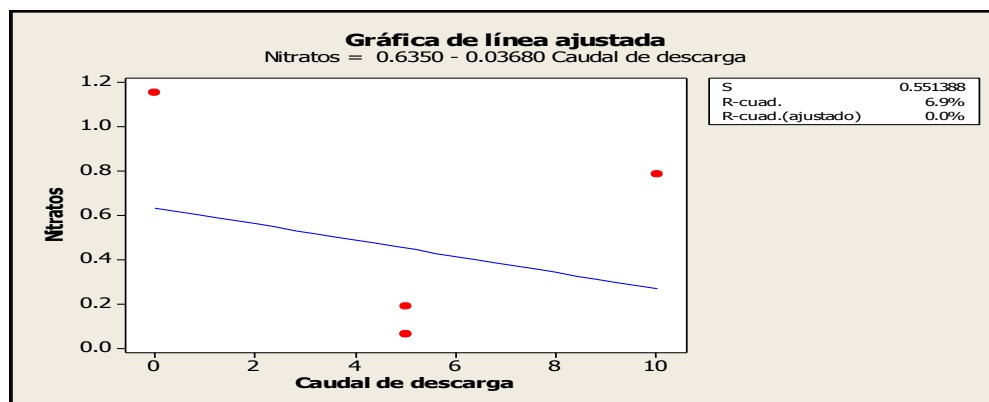


Figura 53 Línea ajustada Nitratos vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla

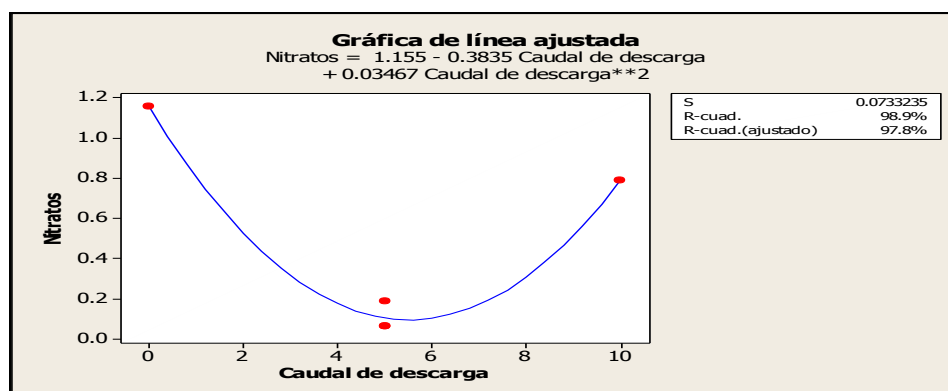


Figura 54 Línea ajustada Nitratos vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Zarumilla

- **Correlación Fosfatos, Caudal de descarga**

Datos:

Fosfatos (mg/L)	Caudal de descarga (L/s)
0.038	5
0.04	5
0.069	5
0.038	10
0.038	10

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson de Fosfatos y Caudal de descarga es igual a -0.441 y el Valor P es 0.457 por lo que la relación es DEBIL NEGATIVA Y POCO SIGNIFICATIVO, por lo que se rechaza la hipótesis nula, no existe relación entre la variable caudal de descarga y la variable Fosfatos; tal como se muestra en las Figuras 55 y 56..

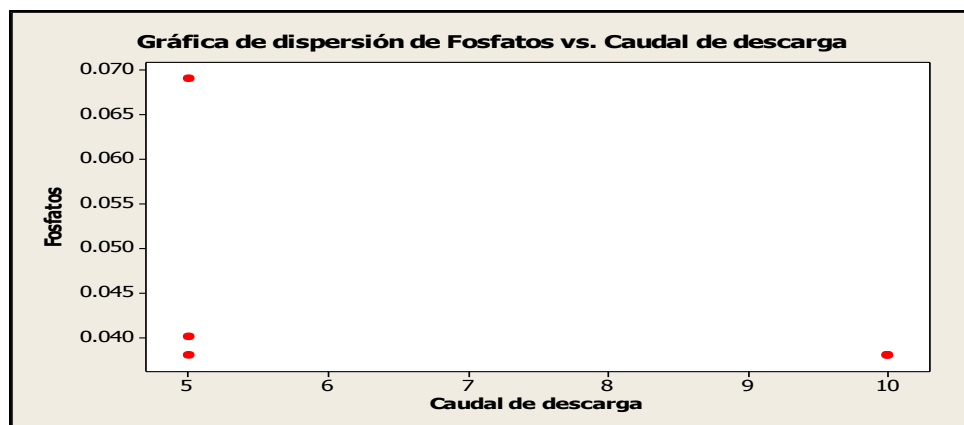


Figura 55 Dispersión de Fosfatos vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla

Análisis de regresión: Fosfatos vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es
 Fosfatos = 0.0600 - 0.00220 Caudal de descarga

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.06000	0.01918	3.13	0.052
Caudal de descarga	-0.002200	0.002586	-0.85	0.457

S = 0.0141657 R-cuad. = 19.4% R-cuad.(ajustado) = 0.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.0001452	0.0001452	0.72	0.457
Error residual	3	0.0006020	0.0002007		
Total	4	0.0007472			

El Coeficiente de determinación es 19.4%, lo que significa que el modelo lineal explica la asociación entre las variables en un 19.4%.

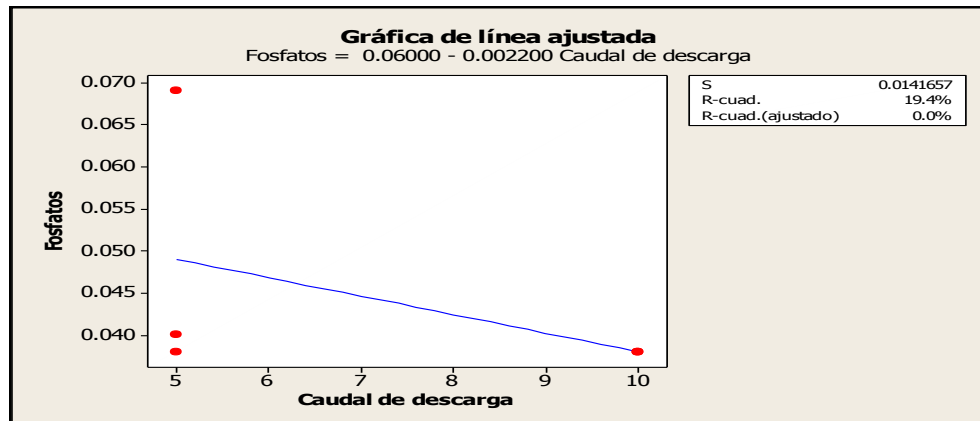


Figura 56 Línea ajustada Fosfatos vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla

- **Correlación DQO, Caudal de descarga**

Datos:

DQO (mg/L)	Caudal de descarga (L/s)
9	5
9	0
9	10

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
 Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

No se pudo hallar la correlación debido a que todos los valores de la columna son idénticos.

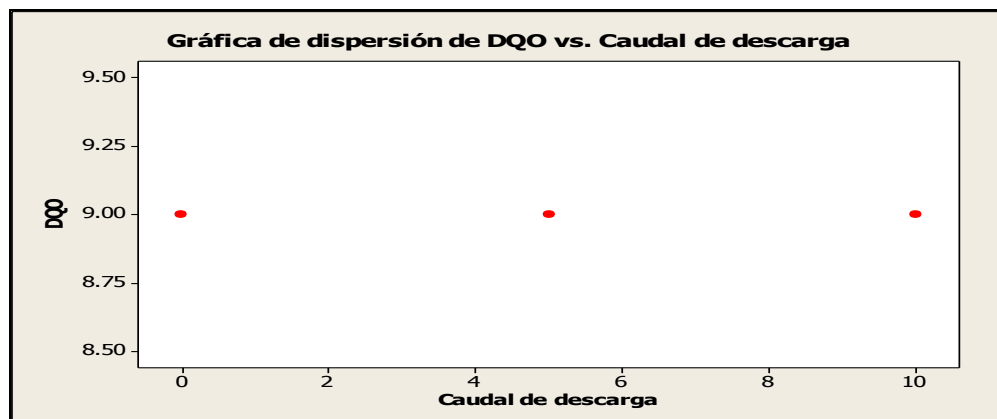


Figura 57 Dispersión de DQO vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla

Análisis de regresión: DQO vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es

$$\text{DQO} = 9.00 + 0.000000 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	9.00000	0.00000	*	*
Caudal de descarga	0.00000000	0.00000000	*	*

S = 0 R-cuad. = *% R-cuad. (Ajustado) = *%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.000000000	0.000000000	*	*
Error residual	1	0.000000000	0.000000000		
Total	2	0.000000000			

El Coeficiente de determinación No existe relación entre las variables Demanda Química de oxígeno y el caudal de descarga; como se muestra en la Figura 58.

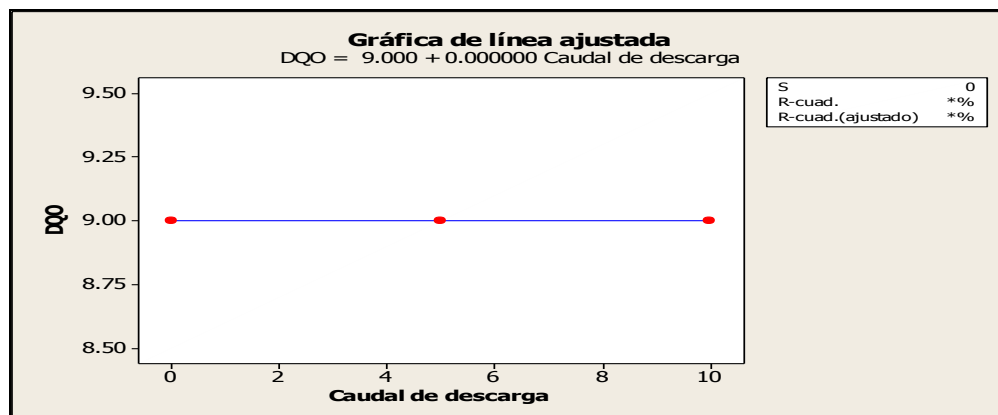


Figura 58 Línea ajustada DQO vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla

- **Correlación Coliformes termotolerantes, Caudal de descarga**

Datos:

COLIFORMES TERMOTOLERANTES (nmp/100ML)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
79	5
4.5	5
13	0
490	10
4.5	10

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

Correlación de Pearson de Coliformes termotolerantes y Caudal de descarga = 0.517 y el Valor P = 0.373, la relación entre las variables es MODERADA POSITIVA y POCO SIGNIFICATIVA, se rechaza la hipótesis nula, por lo cual la variable caudal de descarga influye en el comportamiento de los Coliformes Termotolerantes, Tal como se muestra en la Figura59.

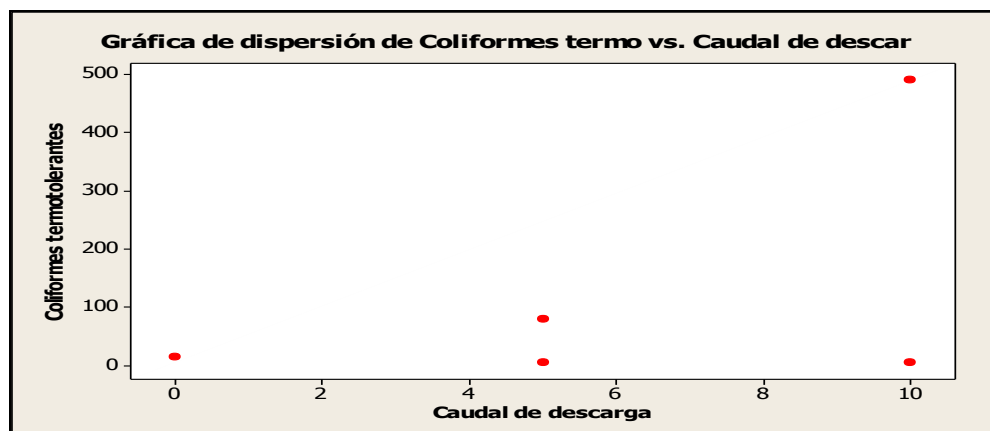


Figura 59 Dispersión de Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla

Análisis de regresión: Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es

$$\text{Coliformes termotolerantes} = -37 + 25.9 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	-37.5	175.6	-0.21	0.845
Caudal de descarga	25.95	24.84	1.04	0.373

$$S = 207.811 \quad R\text{-cuad.} = 26.7\% \quad R\text{-cuad. (Ajustado)} = 2.2\%$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	47138	47138	1.09	0.373
Error residual	3	129556	43185		
Total	4	176694			

El Coeficiente de determinación es 26.7%, La relación entre las variables de acuerdo al modelo lineal es bajo siendo el modelo cuadrático que explica mejor la relación con un valor R^2 de 31.7%, como se muestran en la las Figuras 60 y 61.

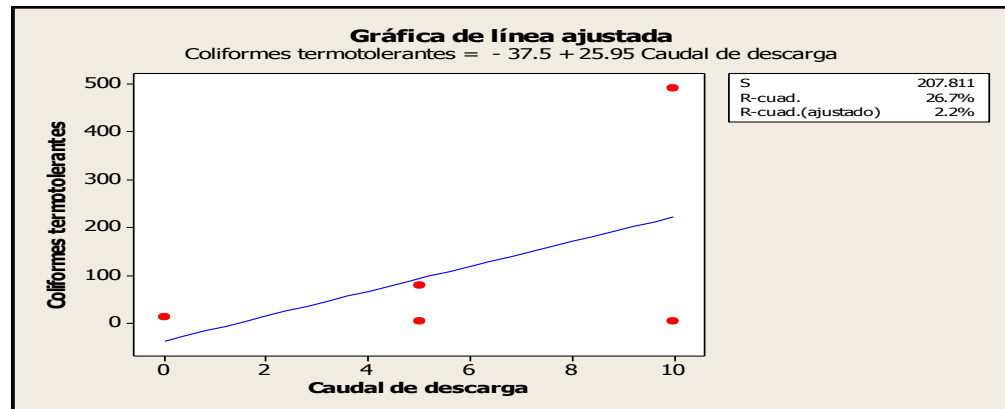


Figura 60 Línea ajustada Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla

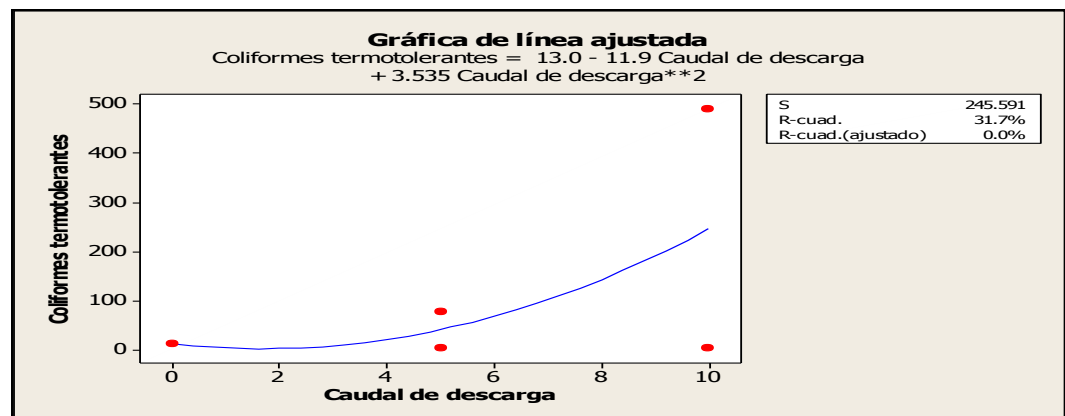


Figura 61 Línea ajustada Coliformes termotolerantes vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático

- **Correlación Caudal de descarga, Arsénico total**

Datos:

ARSÉNICO TOTAL (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
0.004	5
0.004	5
0.003	5
0.003	0
0.003	10

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

La Correlación de Pearson del Caudal de descarga y el Arsénico total es 0.000 y el Valor P es 1.000; NO se aprecia que exista relación entre las variables, no se rechaza la hipótesis nula por lo que la variable caudal de descarga no influye en el comportamiento de la variable arsénico total, tal como en muestra en la figura 62.

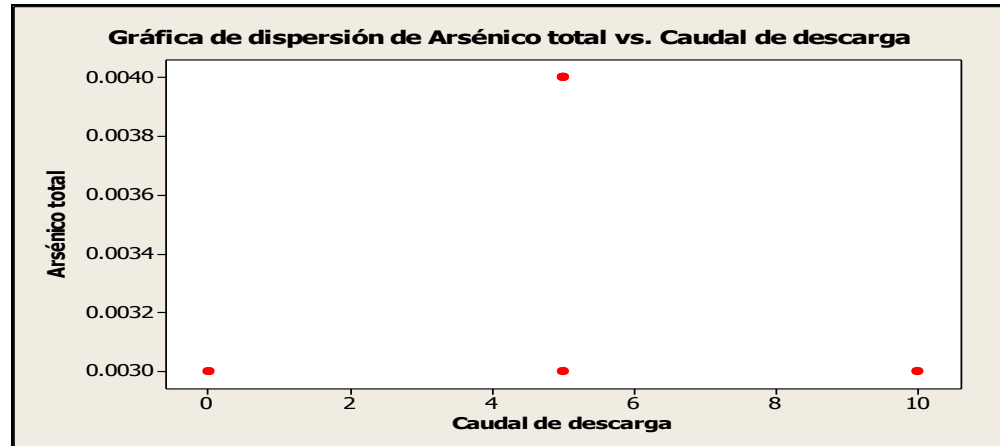


Figura 62 Dispersión de Arsénico total vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla

Análisis de regresión: Arsénico total vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{Arsénico total} = 0.003000 + 0.000267 \text{ Caudal de descarga}$$

$$S = 0.000577350 \quad R\text{-cuad.} = 44.4\% \quad R\text{-cuad. (Ajustado)} = 0.0\%$$

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	2	0.0000005	0.0000003	0.80	0.556
Error	2	0.0000007	0.0000003		
Total	4	0.0000012			

El Coeficiente de determinación es 44.4%, existe una relación moderada entre las variables de acuerdo al modelo lineal, siendo el modelo cuadrático el que refleja mejor la relación entre las variables. Como se muestran en las Figuras 63 y 64.

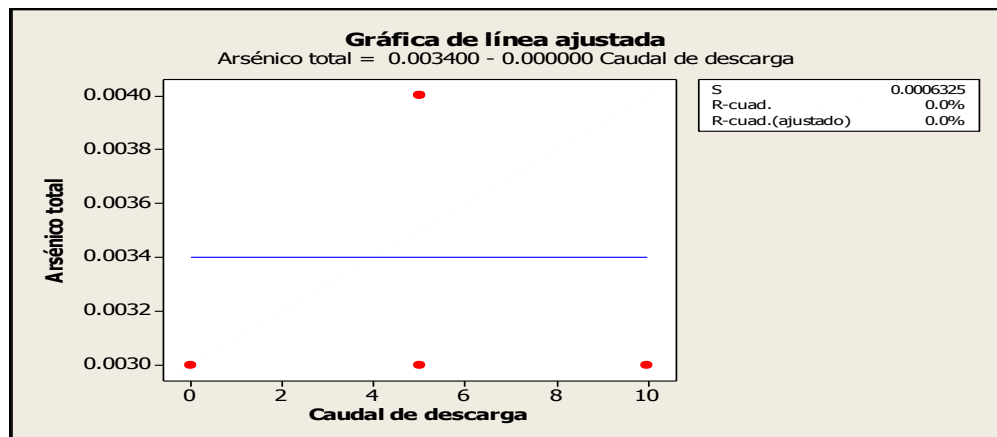


Figura 63 Línea ajustada Arsénico total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla

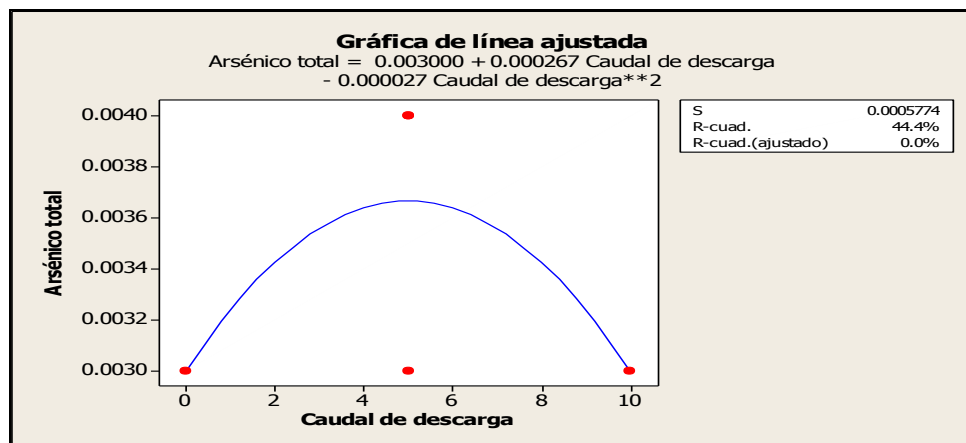


Figura 64 Línea ajustada Arsénico total vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Zarumilla

- **Correlación Mercurio total, Caudal de descarga**

Datos:

MERCURIO TOTAL (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
0.0001	5
0.0001	5
0.0001	0
0.0001	10
0.0001	10

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

Todos los valores de la columna son idénticos, no es posible medir la relación entre las variables, como se muestra en la siguiente Figura:

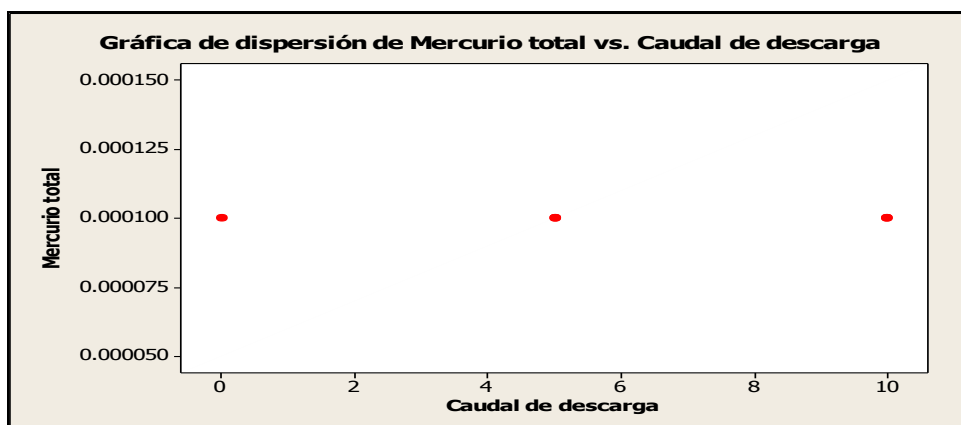


Figura 65 Dispersión de Mercurio total vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla

Análisis de regresión: Mercurio total vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es:

$$\text{Mercurio total} = 0.000100 + 0.000000 \text{ Caudal de descarga}$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.00010000	0.00000000	*	*
Caudal de descarga	0.00000000	0.00000000	*	*

S = 0 R-cuad. = *% R-cuad. (Ajustado) = *%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.000000000	0.000000000	*	*
Error residual	3	0.000000000	0.000000000		
Total	4	0.000000000			

El Coeficiente de determinación: No existe relación entre las variables Mercurio total y el caudal de descarga

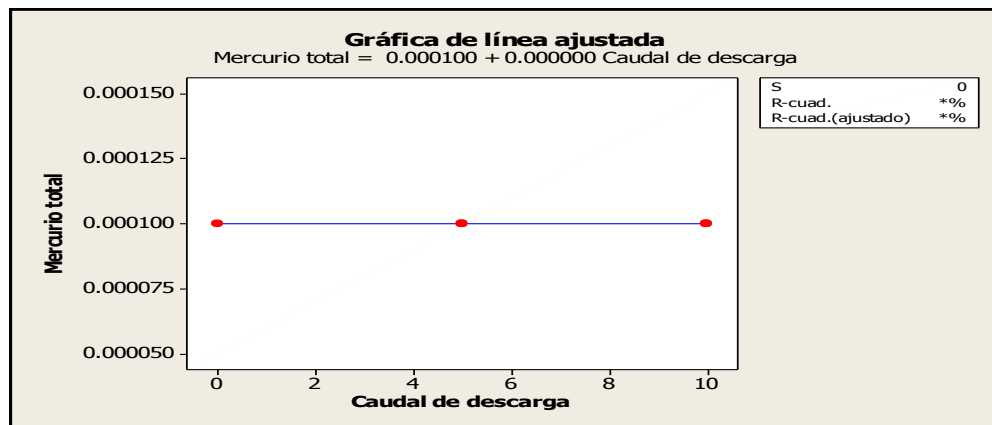


Figura 66 Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Lineal, cuenca Zarumilla

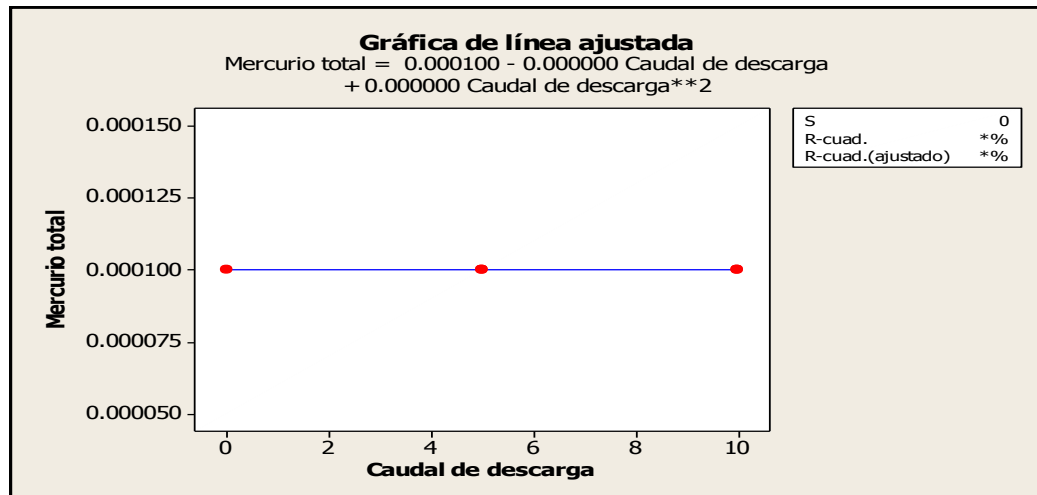


Figura 67 Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Zarumilla

- Correlación Plomo total, Caudal de descarga

Datos:

PLOMO TOTAL (mg/L)	CAUDAL DE DESCARGA (L/s)
0.0014	5
0.001	5
0.001	0
0.001	10
0.001	10

Fuente. Informe Técnico N° 012- 2012-ANA-DGCRH/MAP,
 Informe Técnico N° 0824 -2011-ANA-DGCRH/LCHC-SMAP

Correlación de Pearson de Plomo total y Caudal de descarga es igual a -0.134 y el Valor P es 0.830, la relación entre las variables es DÉBIL NEGATIVA Y MODERADAMENTE SIGNIFICATIVA, no se rechaza la hipótesis nula por lo que el caudal de descarga no influye en el comportamiento de la variable plomo total, Ver Figura 68.

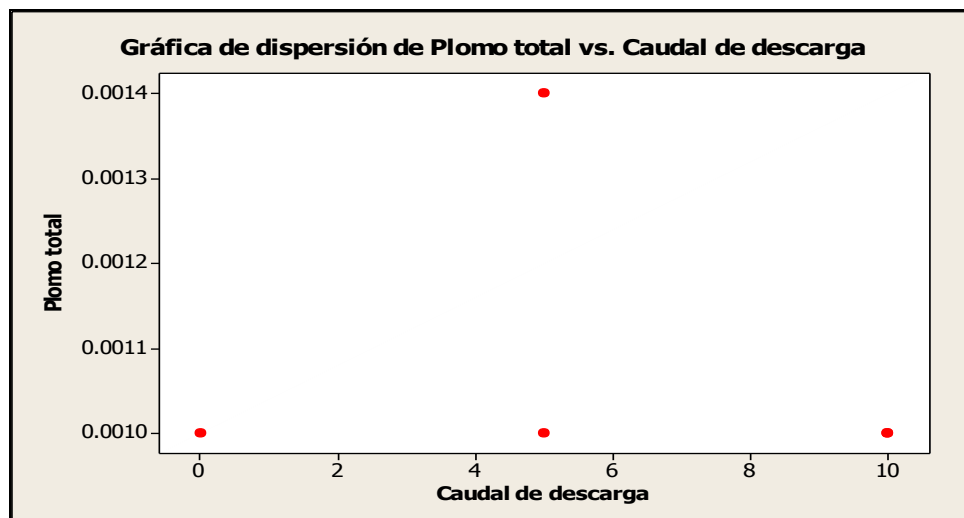


Figura 68 Dispersión de Plomo total vs. Caudal de descarga, cuenca Zarumilla

Análisis de regresión: Plomo total vs. Caudal de descarga

La ecuación de regresión es

Plomo total = 0.00111 - 0.000006 Caudal de descarga

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constante	0.0011143	0.0001730	6.44	0.008
Caudal de descarga	-0.00000571	0.00002447	-0.23	0.830

S = 0.000204707 R-cuad. = 1.8% R-cuad. (Ajustado) = 0.0%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Regresión	1	0.0000000	0.0000000	0.05	0.830
Error	3	0.0000001	0.0000000		
Total	4	0.0000001			

El Coeficiente de determinación es 1.8%, existe una relación baja entre las variables de acuerdo al modelo lineal, siendo el modelo cuadrático el

que refleja mejor la relación entre las variables con una valor de 37.5%, como se muestra en las Figuras 69 y 70.

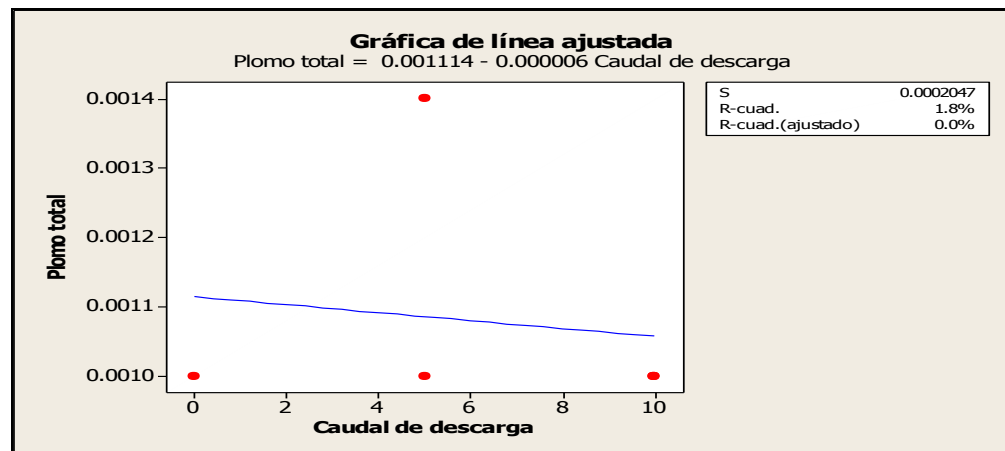


Figura 69 Línea ajustada Plomo total vs. Caudal de descarga según modelo lineal, cuenca Zarumilla

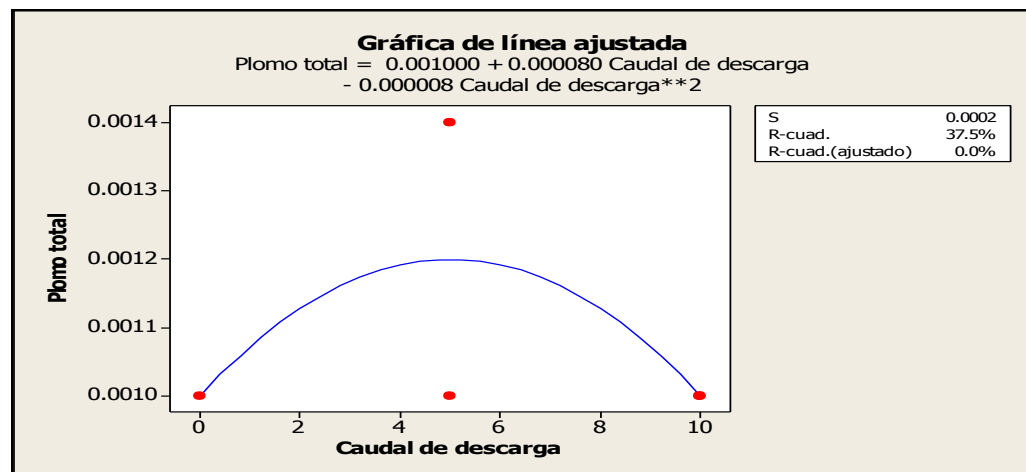


Figura 70 Línea ajustada Mercurio total vs. Caudal de descarga según modelo Cuadrático, cuenca Zarumilla

4.3 Presentación de resultados

Los indicadores se han organizado de acuerdo al Esquema Presión-Estado-Respuesta (P-E-R) para facilitar el análisis de las interrelaciones entre la presión ejercida por las actividades humanas sobre los recursos naturales, los consecuentes cambios en la calidad ambiental de éstos y las respuestas de la sociedad a tales cambios. De este modo, la aplicación de un sistema de indicadores basado en este marco organizativo permite evaluar la calidad ambiental y efectuar un seguimiento de la misma mediante la identificación de las principales presiones que pueden afectar la calidad de las aguas de la cuenca Puyango Tumbes correspondiente al sector peruano. Así, los indicadores de estado sirven para caracterizar, en un momento determinado, la situación de los recursos naturales afectados por procesos de degradación; por su parte los indicadores de presión y respuesta señalan, respectivamente, la intensidad y tendencia de los procesos de desertificación y las reacciones a las mismas o decisiones adoptadas por los gobiernos regionales y municipales. En las tres funciones se han considerado dos indicadores de Presión, Estado y Respuesta. A continuación se resumen en los cuadros 9 y 10,

Cuadro 9 Indicadores de Presión, Estado y Respuesta, agrupados por Funciones Cuenca Tumbes 2010- 2015

INDICADORES DE PRESIÓN, ESTADO Y RESPUESTA			Vmax	Vmin	Vcal
FUNCIÓN: FUENTE DE RECURSOS	Presión	1. Areas bajo riego	5412.02	0	4178.46
		2. Fuente de contaminación por descarga de aguas residuales	8	0	7
		3. Fuente de contaminación por Botaderos de Residuos Sólidos	8	0	1
	Estado	1. Actividad industrial	12	0	10
		2. Uso de Agua con fines agrarios	101778863	0	97943132.40
	Respuesta	1. Informes de Monitoreo participativo de la calidad de agua de la cuenca Tumbes por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).	4	1	3
FUNCIÓN: SUMIDERO	Presión	1. Descarga de contaminates en el rio Tumbes	3	0	2
	Estado	1. Presencia de Nitratos en aguas superficiales	10	0	0.75
		2. Presencia de Fosfatos en aguas superficiales	1	0	2.418
		3. Conductividad Eléctrica	2000	0	365
		4. DBO en aguas superficiales	5	0	4
		5. DQO en aguas superficiales	20	0	16
		6. Coliformes termotolerantes	2000	0	110
		7. Mercurio Total	0.002	0	0.0004
		8. Plomo total	0.05	0	0.1434
		9. Arsénico total	0.01	0	0.1013
	Respuesta	1. Costos de aplicación de sistemas de tratamiento de aguas residuales para las poblaciones que descargan sus efluentes al río	33000	0	12288
		2. Costos en Programas de reciclaje y disposición final de residuos sólidos	29000	0	10798
		3. Costos en Programas de Educación Ambiental	600	0	250
FUNCIÓN: SOPORTE ACTIVIDADES	Presión	1. Densidad Poblacional	211800	0	148900
		2. Uso de Suelo con fines agrarios	18157	0	13722
	Estado	1. Demanda poblacional de servicio de Agua y alcantarillado en la localidad de Tumbes	192714	0	109757
		2. Áreas aptas para el cultivos	10047	0	9474.321
	Respuesta	1. Normas y Disposiciones legales vigentes.	13	0	3
		3. Proyectos de Inversión	20	0	7

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 10 Indicadores de Presión, Estado y Respuesta, agrupados por Funciones Cuenca Zarumilla

INDICADORES DE PRESIÓN, ESTADO Y RESPUESTA			Vmax	Vmin	Vcal
FUNCIÓN: FUENTE DE RECURSOS	Presión	1. Areas bajo riego	5412.02	0	1233.56
		2. Fuente de contaminación por descarga de aguas residuales	4	0	3
		3. Fuente de contaminación por Botaderos de Residuos Sólidos	4	0	1
	Estado	1. Actividad industrial	12	0	2
		2. Uso de Agua con fines agrarios	101778863.30	0	3835730.93
	Respuesta	1. Informes de Monitoreo participativo de la calidad de agua de la cuenca Tumbes por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).	4	1	3
FUNCIÓN: SUMIDERO	Presión	1. Descarga de contaminates en el rio Zarumilla	3	0	2
	Estado	1. Presencia de Nitratos en aguas superficiales	10	0	0.05
		2. Presencia de Fosfatos en aguas superficiales	1	0	0.141
		3. Conductividad Eléctrica	2000	0	491
		4. DBO en aguas superficiales	15	0	1
		5. DQO en aguas superficiales	40	0	12
		6. Coliformes termotolerantes	1000	0	49
		7. Mercurio Total	0.001	0	0.0001
		8. Plomo total	0.05	0	0.00061
		9. Arsénico total	0.05	0	0.0016
	Respuesta	1. Costos de aplicación de sistemas de tratamiento de aguas residuales para las poblaciones que descargan sus efluentes al río	33000	0	4851
		2. Costos en Programas de reciclaje y disposición final de residuos sólidos	29000	0	4263
		3. Costos en Programas de Educación Ambiental	600	0	120
FUNCIÓN: SOPORTE ACTIVIDADES	Presión	1. Densidad Poblacional	211800	0	46200
		2. Uso de Suelo con fines agrarios	2879	0	2480
	Estado	1. Demanda poblacional de servicio de Agua y alcantarillado en la localidad de Matapalo	741	0	427
		2. Áreas aptas para el cultivos	3107	0	1431
	Respuesta	1. Normas y Disposiciones legales vigentes.	13	0	3
		3. Proyectos de Inversión	5	0	2

Fuente. Elaboración propia

Simbología:

VNp	Valor Normalizado de Presión sobre la naturalidad
VNe	Valor Normalizado de estado sobre la naturalidad
VNr	Valor Normalizado de respuesta sobre la naturalidad
VFp	Valor Normalizado de Presión sobre la fuente
VFe	Valor Normalizado de estado sobre la fuente
VFr	Valor Normalizado de respuesta sobre la fuente
VSp	Valor Normalizado de Presión sobre el sumidero
VSe	Valor Normalizado de estado sobre el sumidero
VSr	Valor Normalizado de respuesta sobre el sumidero
VSSp	Valor Normalizado de Presión sobre el soporte - servicio
VSSe	Valor Normalizado de estado sobre el soporte - servicio
VSSr	Valor Normalizado de respuesta sobre el soporte - servicio
Vmax	Valor Máximo en la Zona de estudio
Vmin	Valor Mínimo en la Zona de estudio
Vcal	Valor calculado
INp	Índice de Presión sobre la naturalidad
Vi	Valores normalizado de los indicadores de presión
n	Número total de indicadores de presión
IN	Índice de la función naturalidad
INe	Índice de estado sobre la naturalidad
INr	Índice de respuesta sobre la naturalidad
IF	Índice de función fuente de recursos
IS	Índice de función sumidero de residuos
ISS	Índice de la función soporte - servicios
EQI	Índice de calidad ambiental
IFp	Índice de Presión sobre la fuente
IFe	Índice de estado sobre la fuente
IFr	Índice de respuesta sobre la fuente
ISp	Índice de Presión sobre el sumidero
ISe	Índice de estado sobre el sumidero
ISr	Índice de respuesta sobre el sumidero
ISSp	Índice de Presión sobre el soporte - servicio
ISSe	Índice de estado sobre el soporte - servicio
ISSr	Índice de respuesta sobre el soporte - servicio

Los valores de presión, estado y respuestas de la función Fuente de recursos fueron normalizados para fines de calcular en índice de calidad

ambiental de acuerdo a la metodología descrita anteriormente, siendo el valor más alto el índice de presión sobre la fuente, como se puede observar en los Cuadros 11, 12, 13 y en la Figura 71, lo que indica que existen factores en la cuenca Tumbes influyendo directamente sobre la calidad del agua tales como: Áreas bajo riego, descarga de aguas residuales y botaderos de residuos sólidos.

Cuadro 11 Valores Normalizados Función Fuente de recursos - Río Tumbes

# de Indicadores	1	2	3
Valor Normalizado de Presión sobre la fuente			
Vmax	5412.02	8.00	8.00
Vmin	0.00	0.00	0.00
Vcal	4178.46	7.00	1.00
VFp	22.79	12.50	87.50
Valor Normalizado de estado sobre la fuente			
Vmax	12.00	101778863.30	0.00
Vmin	0.00	0.00	0.00
Vcal	10.00	97943132.40	0.00
VFe	16.67	3.77	0.00
Valor Normalizado de respuesta sobre la fuente			
Vmax	4.00	0.00	0.00
Vmin	1.00	0.00	0.00
Vcal	3.00	0.00	0.00
VFr	33.33	0.00	0.00

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 12 Índices de Presión, Estado y Respuesta de acuerdo a la función Fuente de Recurso - Río Tumbes

Valor Normalizado	V1	V2	V3	Total
Vi	22.79	12.50	87.50	122.79
n	1.00	1.00	1.00	3.00
Índice de Presión sobre la fuente			IFp	40.93
Vi	16.67	3.77	0.00	20.44
n	1.00	1.00	0.00	2.00
Índice de estado sobre la fuente			IFe	10.22
Vi	33.33	0.00	0.00	33.33
n	1.00	0.00	0.00	1.00
Índice de respuesta sobre la fuente			IFr	33.33

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 13 Resultado de los índices de la función Fuente de Recursos - Río Tumbes

Índice de función Fuente de recursos	
Índices	Resultados
IFp	40.93
IFe	10.22
IFr	33.33
IF	28.16

Fuente. Elaboración propia

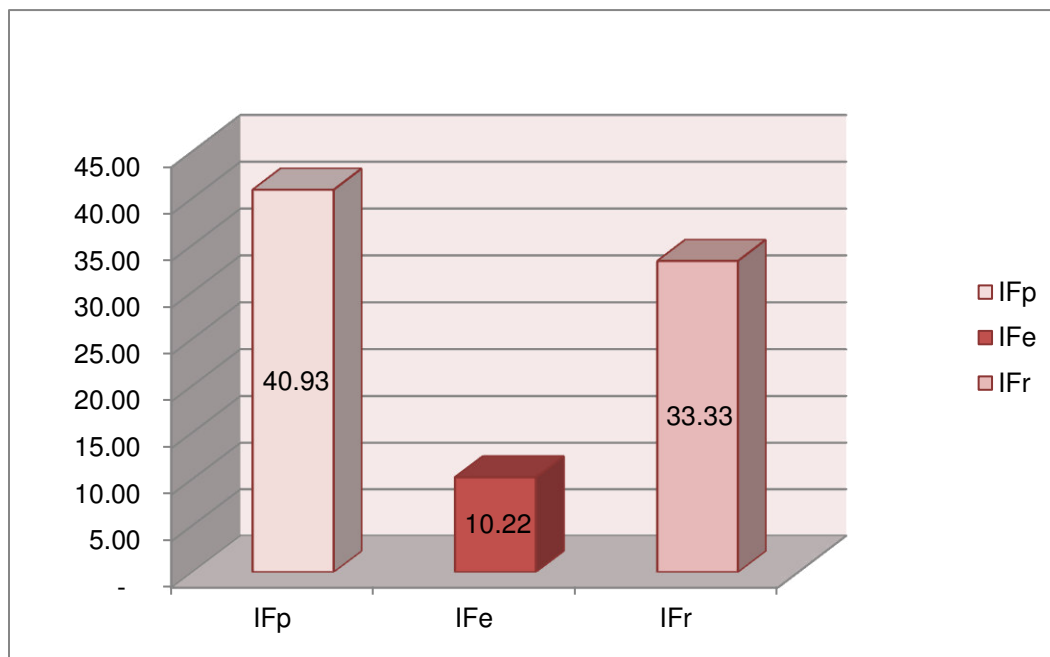


Figura 71 Función Fuente de Recursos - Río Tumbes

Fuente. Elaboración propia

Los valores de presión, estado y respuestas de la función Sumidero fueron normalizados para fines de calcular en índice de calidad ambiental de acuerdo a la metodología descrita anteriormente, siendo el valor más alto el índice de respuesta sobre la fuente, como se puede observar en los Cuadros 14,15, 16 y en la Figura 73, lo cual quiere decir en este sector de la cuenca se vienen realizando gestiones tales como la implantación de una planta de tratamiento de aguas residuales, Programas de manejo de residuos sólidos y Programa de educación ambiental lo mismo que se contrasta con los estudios de inversión realizados por el Proyecto Especial Binacional Puyango Tumbes (PEBPT).

Cuadro 14 Valores Normalizados Función Sumidero en el - Río Tumbes

# de Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valor Normalizado de Presión sobre el sumidero									
Vmax	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vmin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vcal	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VSp	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valor Normalizado de estado sobre el sumidero									
Vmax	10.00	1.00	2000.00	5.00	20.00	2000.00	0.00	0.05	0.01
Vmin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vcal	0.75	2.42	23300.00	4.00	16.00	110.00	0.00	0.14	0.10
VSe	92.50	-141.80	-1065.00	20.00	20.00	94.50	80.00	-186.80	-913.00
Valor Normalizado de respuesta sobre el sumidero									
Vmax	33000.00	29000.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vmin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vcal	12288.00	10798.00	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VSr	62.76	62.77	58.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 15 Índices de Presión, Estado y Respuesta de acuerdo a la función Sumidero - Río Tumbes

Valor Normalizado	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	Total
Vi	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33
n	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Índice de Presión sobre el sumidero									ISp	33.33
Vi	92.50	141.80	81.75	20.00	20.00	94.50	80.00	186.80	913.00	852.85
n	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	9.00
Índice de estado sobre el sumidero									ISe	-94.76
Vi	62.76	62.77	58.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	183.86
n	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
Índice de respuesta sobre el sumidero									ISr	61.29

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 16 Resultado de los índices de la función Sumidero - Río Tumbes

Índice de función sumidero de residuos	
Índices	Resultados
ISp	33.33
ISe	-94.76
ISr	61.29
IS	-0.05

Fuente. Elaboración propia

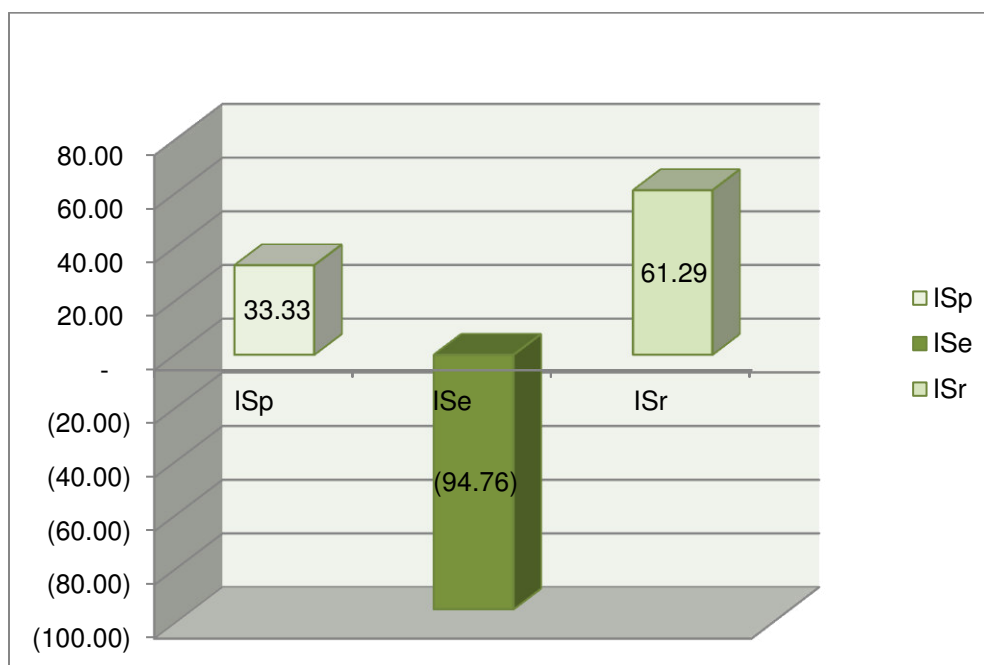


Figura 72 Función Sumidero de residuos - Río Tumbes

Fuente. Elaboración propia

Los valores de presión, estado y respuestas de la función Soporte de Servicios fueron normalizados para fines de calcular en índice de calidad ambiental de acuerdo a la metodología descrita anteriormente, siendo el valor más alto el índice de respuesta sobre la fuente, como se puede observar en los Cuadros 17,18, 19 y en la Figura 75, lo que quiere decir en este sector de la cuenca se vienen realizando acciones tales como

creación de Normas y Disposiciones legales además de proyectos de inversión con fines de mejorar la calidad de las aguas superficiales en la cuenca Tumbes.

Cuadro 17 Valores Normalizados Función Soporte de Servicios - Río Tumbes

# de Indicadores	1	2
Valor Normalizado de Presion sobre el soporte - servicio		
Vmax	211800.00	18157.00
Vmin	0.00	0.00
Vcal	148900.00	13722.00
VSSp	29.70	24.43
Valor Normalizado de estado sobre el soporte - servicio		
Vmax	192714.00	10047.00
Vmin	0.00	0.00
Vcal	109757.00	9474.32
VSSe	43.05	5.70
Valor Normalizado de respuesta sobre el soporte - servicio		
Vmax	13.00	20.00
Vmin	0.00	0.00
Vcal	3.00	7.00
VSSr	76.92	65.00

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 18 Índices de Presión, Estado y Respuesta de acuerdo a la función Soporte de Servicios - Río Tumbes

Valor Normalizado	V1	V2	V3	Total
Vi	29.70	24.43	0.00	54.12
n	1.00	1.00	0.00	2.00
Índice de Presión sobre el soporte - servicio			ISSp	27.06
Vi	43.05	5.70	0.00	48.75
n	1.00	1.00	0.00	2.00
Índice de estado sobre el soporte - servicio			ISSe	24.37
Vi	76.92	65.00	0.00	141.92
n	1.00	1.00	0.00	2.00
Índice de respuesta sobre el soporte - servicio			ISSr	70.96

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 19 Resultado de los índices de la función Soporte de Servicios - Río Tumbes

Índice de la función soporte - servicios	
Índices	Resultados
ISSp	27.06
ISSe	24.37
ISSr	70.96
ISS	40.80

Fuente. Elaboración propia

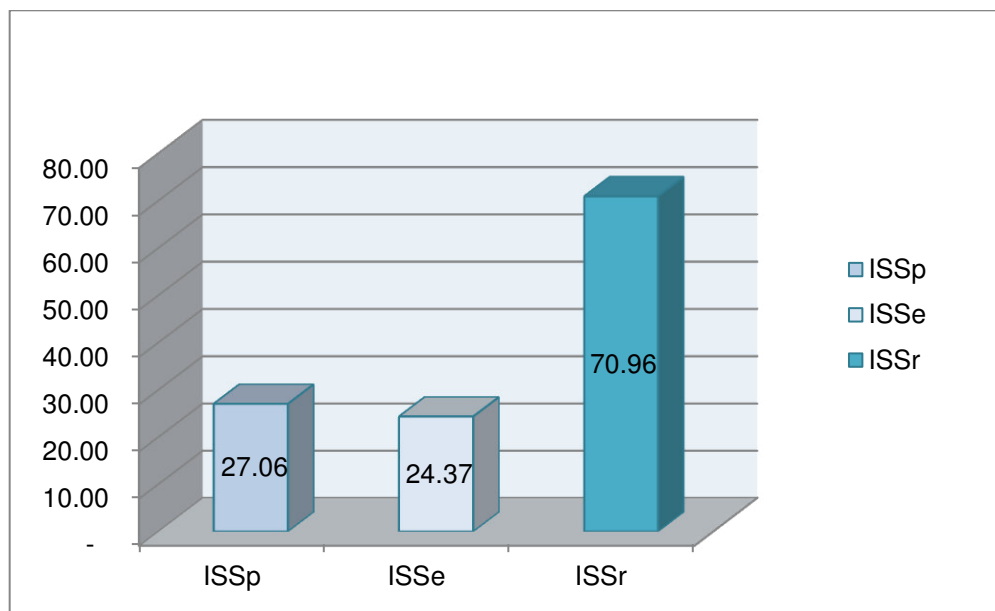


Figura 73 Función Soporte / Servicio - Río Tumbes

Fuente. Elaboración propia

El Índice de Calidad Ambiental (EQI - T) que se obtuvo para la cuenca Tumbes, fue de 22.57 lo que indica que la cuenca Tumbes reporta una calidad ambiental moderadamente baja, esto se debe principalmente a que no cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales lo mismo que se contrasta con el informe emitido por la Empresa Prestadora

de Servicios de Saneamiento Aguas de Tumbes S.A. en el Plan Maestro Optimizado para el periodo 2010 – 2039. (Ver Cuadro 20 y Figura 77, 79).

Cuadro 20 Índice de Calidad Ambiental (EQI) - Río Tumbes

Índice de calidad ambiental	
Índices	Resultados
IF	28.16
IS	-0.05
ISS	40.80
EQI-T	22.97

Fuente. Elaboración propia

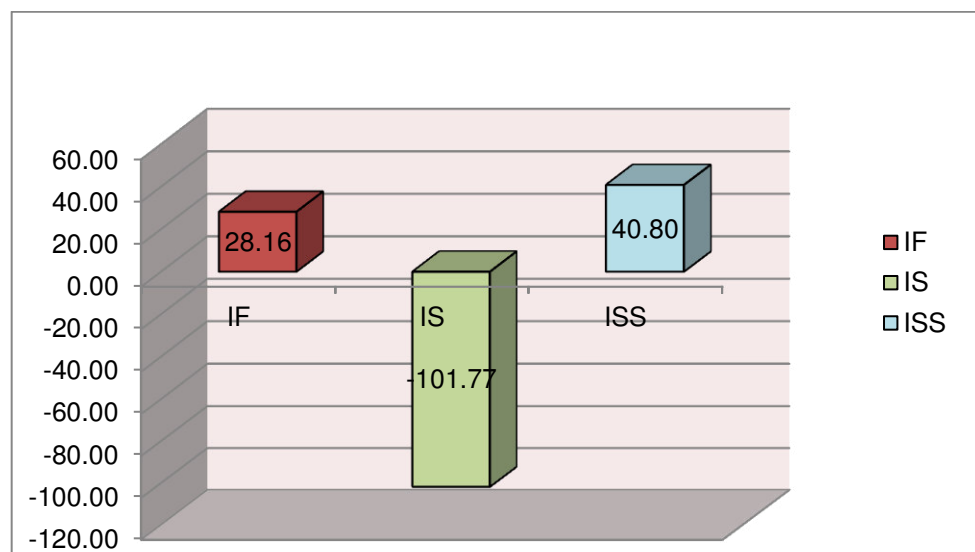


Figura 74 Indicadores de Presión, Estado, Respuesta de acuerdo a la función – Río Tumbes

Fuente. Elaboración propia

Los valores de presión, estado y respuestas de la función Fuente de recursos fueron normalizados para fines de calcular en índice de calidad ambiental de acuerdo a la metodología descrita anteriormente, siendo el valor más alto el índice de estado sobre la fuente, como se puede observar en los Cuadros 21, 22, 23 y en la Figura 72, que existe actividad

actual presente en la cuenca Zarumilla siendo las más importantes la actividad agraria y la industrial pero en menor proporción.

Cuadro 21 Valores Normalizados función Fuente de Recursos - Río Zarumilla

# de Indicadores	1	2	3
Valor Normalizado de Presion sobre la fuente			
Vmax	5412.02	4.00	4.00
Vmin	0.00	0.00	0.00
Vcal	1233.56	3.00	1.00
VFP	77.21	25.00	75.00
Valor Normalizado de estado sobre la fuente			
Vmax	12.00	101778863.30	0.00
Vmin	0.00	0.00	0.00
Vcal	2.00	3835730.93	0.00
VFe	83.33	96.23	0.00
Valor Normalizado de respuesta sobre la fuente			
Vmax	4.00	0.00	0.00
Vmin	1.00	0.00	0.00
Vcal	3.00	0.00	0.00
VFr	33.33	0.00	0.00

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 22 Índices de Presión, Estado y Respuesta de acuerdo a la función Fuente de Recursos - Río Zarumilla

Valor Normalizado	V1	V2	V3	Total
Vi	77.21	25.00	75.00	177.21
n	1.00	1.00	1.00	3.00
Índice de Presión sobre la fuente			IFp	59.07
Vi	83.33	96.23	0.00	179.56
n	1.00	1.00	0.00	2.00
Índice de estado sobre la fuente			IFe	89.78
Vi	33.33	0.00	0.00	33.33
n	1.00	0.00	0.00	1.00
Índice de respuesta sobre la fuente			IFr	33.33

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 23 Resultado de los índices de la función Fuente de Recursos - Río Zarumilla

Índice de función fuente de recursos	
Índices	Resultados
IFp	59.07
IFe	89.78
IFr	33.33
IF	60.73

Fuente. Elaboración propia

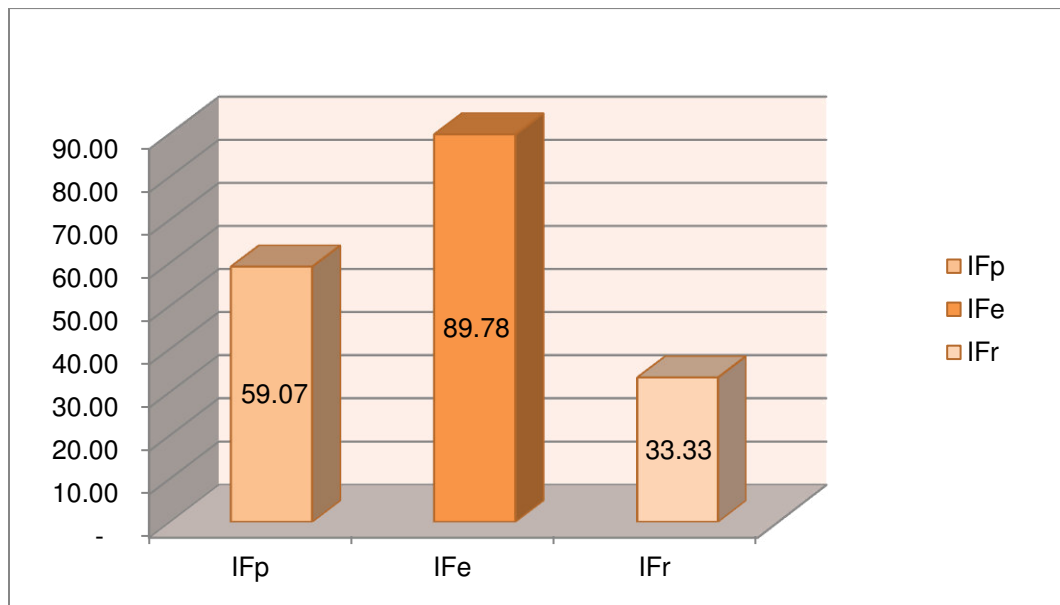


Figura 75 Función Fuente de Recursos - Río Zarumilla

Fuente. Elaboración propia

Los valores de presión, estado y respuestas de la función Sumidero fueron normalizados para fines de calcular en índice de calidad ambiental de acuerdo a la metodología descrita anteriormente, siendo el valor más alto el índice de estado sobre la fuente, como se puede observar en los Cuadros 24, 25, 26 y en la Figura 74, lo cual quiere decir en este sector de la cuenca se vienen realizando acciones tales como monitoreos

participativos para controlar u mejora la calidad de las aguas superficiales en la cuenca Zarumilla controlando los valores de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para los parámetros como nitratos, fosfatos, conductividad eléctrica, DBO, DQO, Coliformes termotolerantes, mercurio, plomo y arsénico.

Cuadro 24 Valores Normalizados función Sumidero - Río Zarumilla

# de Indicadores	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Valor Normalizado de Presión sobre el sumidero									
Vmax	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vmin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vcal	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VSp	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Valor Normalizado de estado sobre el sumidero									
Vmax	10.00	1.00	2000.00	15.00	40.00	1000.00	0.00	0.05	0.05
Vmin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vcal	0.05	0.14	491.00	1.00	3.00	49.00	0.00	0.00	0.00
VSe	99.50	85.90	75.45	93.33	92.50	95.10	90.00	98.78	96.80
Valor Normalizado de respuesta sobre el sumidero									
Vmax	33000.00	29000.00	600.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vmin	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vcal	4851.00	4263.00	120.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VSr	85.30	85.30	80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro 25 Índices de presión, estado y respuesta de acuerdo a la función Sumidero - Río Zarumilla

Valor Normalizado	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	Total
Vi	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33
n	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Índice de Presión sobre el sumidero									ISp	33.33
Vi	99.50	85.90	75.45	93.33	92.50	95.10	90.00	98.78	96.80	827.36
n	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	9.00
Índice de estado sobre el sumidero									ISe	91.93
Vi	85.30	85.30	80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	183.86
n	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
Índice de respuesta sobre el sumidero									ISr	61.29

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 26 Resultado de los índices de la función Sumidero - Río Zarumilla

Índice de función sumidero de residuos	
Índices	Resultados
ISp	33.33
ISe	91.93
ISr	83.53
IS	69.60

Fuente. Elaboración propia

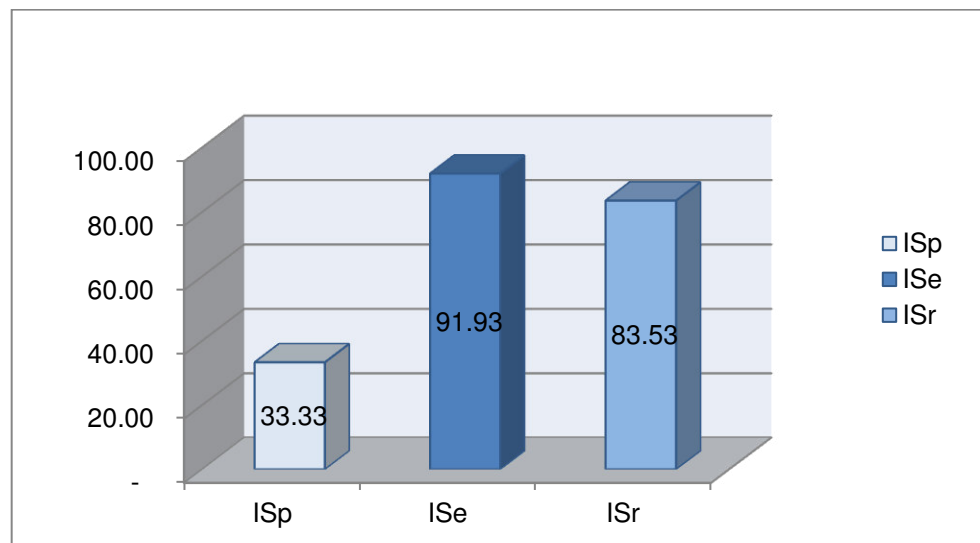


Figura 76 Función Sumidero de residuos - Río Zarumilla

Fuente. Elaboración propia

Los valores de presión, estado y respuestas de la función Soporte de Servicios fueron normalizados para fines de calcular en índice de calidad ambiental de acuerdo a la metodología descrita anteriormente, siendo el valor más alto el índice de respuesta sobre la fuente, como se puede observar en los Cuadros 27, 28, 29 y en la Figura 76, lo que quiere decir en este sector de la cuenca se vienen realizando acciones tales como creación de Normas y Disposiciones legales además de proyectos de

inversión con fines de mejorar la calidad de las aguas superficiales en la cuenca Zarumilla.

Cuadro 27 Valores Normalizados función Soporte de Servicios - Río Zarumilla

# de Indicadores	1	2
Valor Normalizado de Presión sobre el soporte - servicio		
Vmax	211800.00	2879.00
Vmin	0.00	0.00
Vcal	46200.00	2480.00
VSSp	78.19	13.86
Valor Normalizado de estado sobre el soporte - servicio		
Vmax	741.00	3107.00
Vmin	0.00	0.00
Vcal	427.00	1431.00
VSSe	42.38	53.94
Valor Normalizado de respuesta sobre el soporte - servicio		
Vmax	13.00	5.00
Vmin	0.00	0.00
Vcal	3.00	2.00
VSSr	76.92	60.00

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 28 Índices de presión, estado y respuesta de acuerdo a la función Soporte de Servicios - Río Zarumilla

Valor Normalizado	V1	V2	V3	Total
Vi	78.19	13.86	0.00	92.05
n	1.00	1.00	0.00	2.00
Índice de Presión sobre el soporte - servicio			ISSp	46.02
Vi	42.38	53.94	0.00	96.32
n	1.00	1.00	0.00	2.00
Índice de estado sobre el soporte - servicio			ISSe	48.16
Vi	76.92	60.00	0.00	136.92
n	1.00	1.00	0.00	2.00
Índice de respuesta sobre el soporte - servicio			ISSr	68.46

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 29 Resultado de los índices de la función Soporte de Servicios - Río Zarumilla

Índice de la función soporte - servicios	
Índices	Resultados
ISSp	46.02
ISSe	48.16
ISSr	68.46
ISS	54.21

Fuente. Elaboración propia

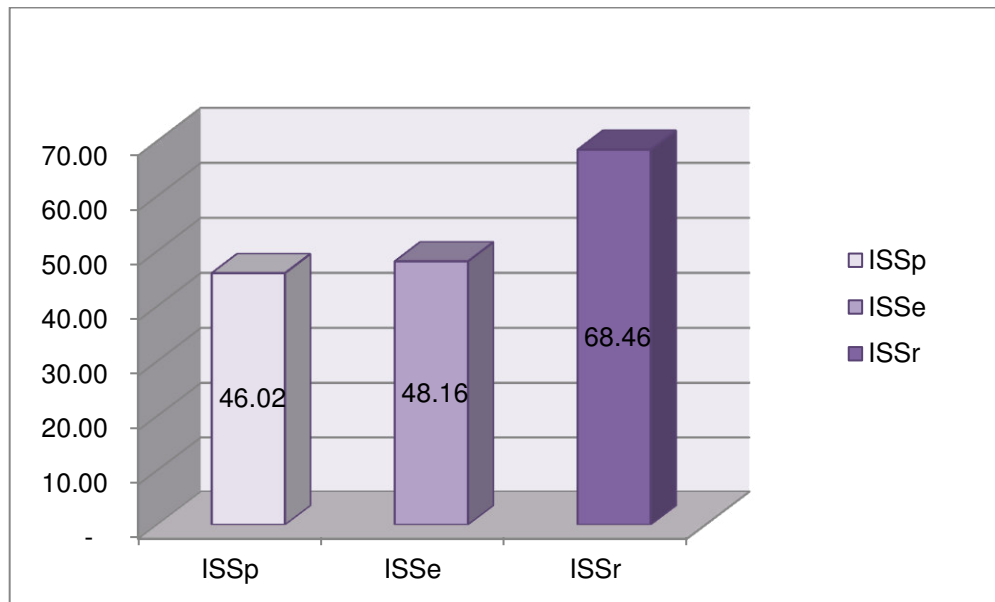


Figura 77 Función Soporte / Servicio - Río Zarumilla

El Índice de Calidad Ambiental (EQI - Z) que se obtuvo para la cuenca Zarumilla, fue de 61.51 lo que indica que la cuenca Tumbes reporta una calidad ambiental moderadamente alto, esto se debe principalmente a que cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales en casi todas las localidades incluidas las del ámbito del presente estudio lo mismo que se contrasta con el informe emitido por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Aguas de Tumbes S.A. en el Plan Maestro

Optimizado para el periodo 2010 – 2039. (Ver Cuadro 30 y Figuras 78, 79).

Cuadro 30 Índice de Calidad Ambiental (EQI - Z) - Río Zarumilla

Índice de calidad ambiental	
Índices	Resultados
IF	60.73
IS	69.60
ISS	54.21
EQI-z	61.51

Fuente. Elaboración propia

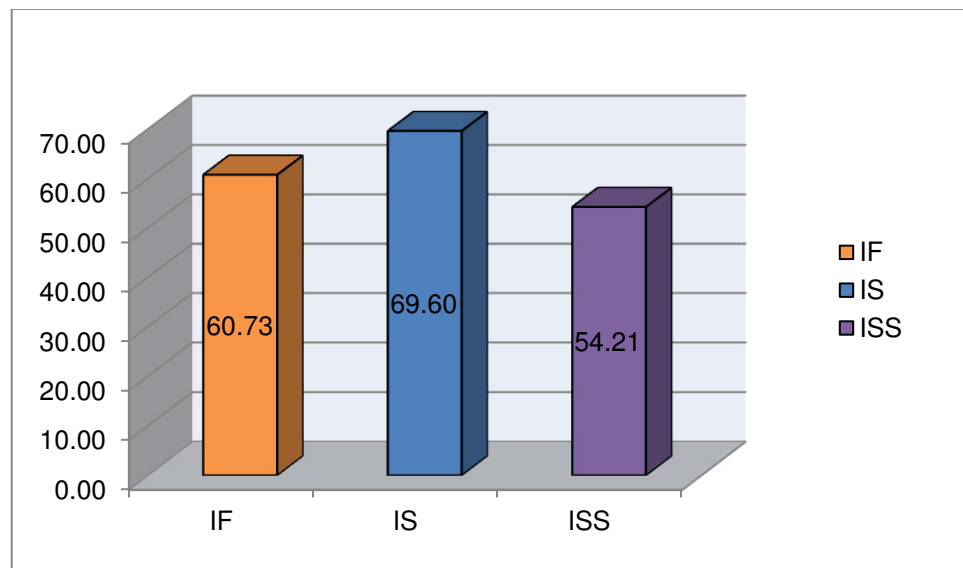


Figura 78 Indicadores de Presión, Estado, Respuesta de acuerdo a la función – Río Zarumilla

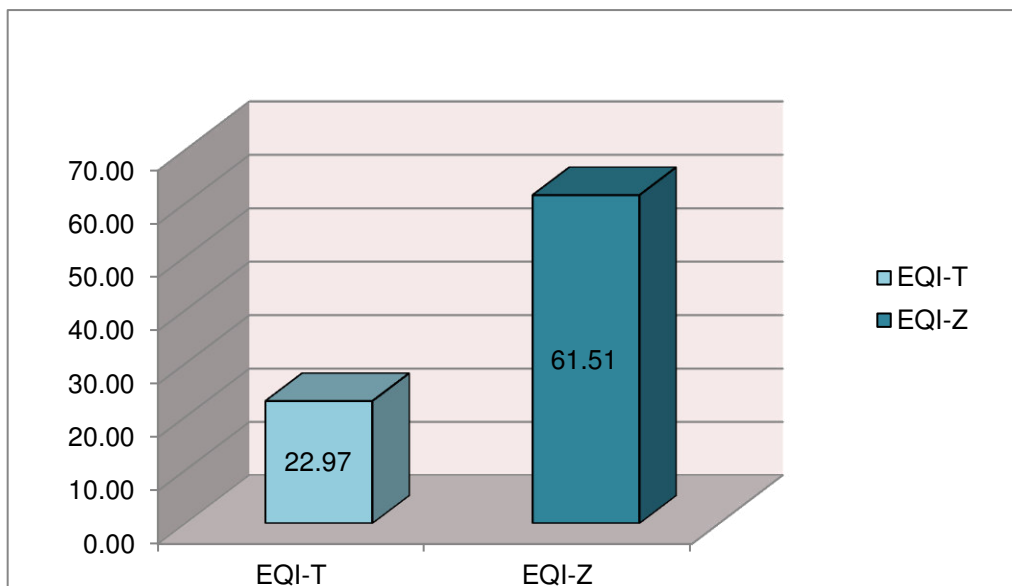


Figura 79 Índices de calidad ambiental para el Río Tumbes y Río Zarumilla

CONCLUSIONES

1. Mediante la aplicación del Modelo Presión, Estado, Respuesta se pudo evaluar indicadores de calidad ambiental del agua en la Cuenca Puyango Tumbes en el sector peruano y reconocer la situación actual de la cuenca para contribuir de esa manera a una mejora en la Gestión de la cuenca Puyango Tumbes principalmente en las localidades del área de estudio que comprende los ríos Tumbes y Zarumilla.
2. Con los resultados obtenidos de los reportes de calidad ambiental del agua superficial emitidos por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) se logró diseñar una base de datos cuantitativa para poder calcular los índices de calidad ambiental.
3. La información tomada de otras fuentes como revistas, planes maestros de la zona entre otros ofrecía información cualitativa por lo cual no contribuyo a la toma de información para la base de datos, pero si como información secundaria de tipo cualitativa, marco teórico.
4. Los resultados muestran que la cuenca Puyango Tumbes presenta un Índice de Calidad Ambiental (EQI) menor al de la cuenca Zarumilla, debido principalmente a que las aguas residuales tanto domésticas como no domésticas son vertidas directamente al río, ya que no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales.

5. Por medio de los ensayos estadísticos se pudo determinar que existe relación entre la descarga de aguas residuales y la presencia de metales pesados, además de otros contaminantes como nitratos y coliformes fecales en ambas cuencas, pero cabe resaltar que la relación es débil en la mayoría de parámetros analizados.

RECOMENDACIONES

- El modelo es aplicable cuando se trata de variables cuantitativas; ya que para valores cualitativos se tienen que considerar valoraciones basados en apreciaciones o criterios lo que puede llevar a subjetividades.
- Otra consideración a tomar en cuenta es tener una base de datos amplia y detallada de fuentes confiables, a fin de que los resultados sean más exactos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre M. (2002). *Los sistemas de indicadores ambientales y su papel en la información e integración del medio ambiente. Punto Focal Nacional de la Agencia Europea de Medio Ambiente.* Subdirección General de Calidad Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente.
- Alcaide F., Gutiérrez D., Valdés G. (2001). *Sistema de indicadores medio ambientales para el análisis de la calidad ambiental en consejos populares del Municipio Bauta.*
- Bermejo L. y Cruz G. (2007). *Determinación del contenido de metales pesados en los suelos cultivados con Arroz – Margen izquierda del río Tumbes:* Universidad Nacional de Tumbes.
- Collazos, J. (2005). *Manual de Evaluación Ambiental de Proyectos.* Primera Edición .Perú Books EIRL Perú. Editorial San Marcos. 618 Pág. (hay fuentes que están en la bibliografía pero no en el cuerpo de la **tesis**)
- Chirino E., Abad J., Bellot J. (2008). *Uso de indicadores de Presión-Estado-Respuesta en el diagnóstico de la comarca de la Marina Baixa, SE, España.* Ecosistemas 17 (1): 107-114.
- Edilberto G – (2004). *Hidrología Ambiental.* Primera Edición. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo – Venezuela. 497 Pág.

- Feijoo (2014). *Identificación de Impactos período 1985 – 2014, en la Zona de Amortiguamiento del SNLMT, distritos de Aguas Verdes y Zarumilla*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero Forestal y del Medio Ambiente.
- Herrera, j, Manteiga L., Sunyer C., Garcia M. (1996). *Indicadores Ambientales: Una propuesta para España*”. MIMAM. *Estadística y Medio Ambiente 2000*. Instituto de Estadística de Andalucía. España. pp: 75-87.
- *Ministerio de Salud, Dirección Regional de Salud de Tumbes, Plan Concertado Regional de Salud. 2011-2015.*
- Otiniano J. (2008). *Evaluación del comportamiento del recurso hídrico en el río Puyango-Tumbes periodo 1963 2005. Universidad Nacional de Piura. Maestría en Ingeniería Ambiental.*
- Orellana L. (2008). *Análisis de regresión.*
- PROYECTO PUYANGO TUMBES (1990). *Estudio Factibilidad Proyecto Puyango Tumbes - Componente Peruana "- CYA Consultores y Asesores AS SRL - LA GESA Ingenieros consultores S.A. Tomo 6, Pág 50.*
- PROYECTO PUYANGO – TUMBES (2002). *Preparación del Estudio de Contaminación de la Cuenca Puyango – Tumbes. 74 Pág.*
- Puño, N. (2004). *Análisis Situacional de la Cuenca del río Tumbes. Tesis para optar el Grado de Magister Sciential. UNA – LA MOLINA Especialidad de Recursos Hídricos. Perú. 234 Pág.*

- Puño, N. (2004). *Análisis Situacional de la Cuenca del Río Tumbes*. Tesis para optar el Grado de Magíster Scientific - UNA LA MOLINA. 232 Pág.
- Recatalá, L; Añó, C; Valera, A y Sánchez, J. *Sistema de indicadores para evaluar la calidad Ambiental y la desertificación en la comunidad valenciana. Departamento de Planificación Territorial. Centro de Investigaciones sobre Desertificación-CIDE. (CSIC- Universitat de València- Generalitat Valenciana).*
- Rodríguez M. (2005). *Indicadores Ambientales para el uso del suelo*. Colombia.
- Salazar, J. (2008). *Corrientes filosóficas y sus representantes*.

ANEXOS

ANEXO 1

**RESULTADO DE MONITOREO DEL INFORME TÉCNICO N°
012- 2012-ANA-DGCRH/MAP, Primer Monitoreo
participativo organizado por la ANA-Perú, en Julio del 2011**

ANEXO 2

**RESULTADO DE MONITOREO INFORME TÉCNICO N° 017 •
2012-ANA-PMGRH-CP TUMBES-MRSP, TERCER MONITOREO
PARTICIPATIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN
LAS CUENCAS DE LOS RÍOS TUMBES Y ZARUMILLA LADO
PERUANO", REALIZADO EN OCTUBRE 2012.**

ANEXO 3

**RESULTADO DE MONITOREO INFORME TÉCNICO N° 032-
2013-ANA-PMGRH-CP TUMBES-MRSP – Agosto, 2013.**

ANEXO 4

**ACTAS DE INSPECCIÓN DE DESCARGAS DE AGUS
RESIDUALES DEL INFORME TÉCNICO N° 0824 -2011-
ANA-DGCRH/LCHC-SMAP**

ANEXO 5

PLANOS

**PLANO 01: UBICACIÓN DE PUNTOS DE DESCARGA DE AGUAS
RESIDUALES**

**PLANO 02: UBICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO DE
AGUAS SUPERFICIALES**

